

**PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SEIS SIGMA  
EN PYMES**

**HERIBERTO ALEXANDER FELIZZOLA JIMENEZ**

**UNIVERSIDAD DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
BARRANQUILLA**

**2013**

**PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SEIS SIGMA  
EN PYMES.**

**HERIBERTO ALEXANDER FELIZZOLA JIMENEZ**

Trabajo de grado presentado para optar al título de Magister en Ingeniería Industrial

Directora: Ing. Carmenza Luna Amaya Ph.D.

**UNIVERSIDAD DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
BARRANQUILLA**

**2013**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Director: Ing. Carmenza Luna Amaya Ph.D**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

Barranquilla, Agosto de 2013

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1 CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
1.4.1 General.....	18
1.4.2 Específicos.....	18
<b>1.5 METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
1.5.1 Tipo de Estudio.....	18
1.5.2 Procedimiento.....	19
<b>1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>20</b>
1.6.1 Alcances.....	20
1.6.2 Limitaciones .....	20
<b>2 CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 SEIS SIGMA.....</b>	<b>21</b>
2.1.1 Antecedentes y Evolución de Seis Sigma.....	21
2.1.2 Origen de Seis Sigma .....	22
2.1.3 Que es Seis Sigma .....	22
2.1.4 La Voz del Cliente.....	24
2.1.5 Métricos para Seis Sigma .....	26
2.1.6 Equipo Seis Sigma.....	30
2.1.7 Metodología DMAIC .....	32
2.1.8 Herramientas para la Implementación de Seis Sigma .....	33
<b>2.2 MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING) .....</b>	<b>34</b>
2.2.1 Antecedentes de la Filosofía de Manufactura Esbelta .....	34
2.2.2 Enfoque de Manufactura Esbelta.....	35
2.2.3 Principios del Pensamiento Esbelto (Lean Thinking).....	35
2.2.4 Los Siete Desperdicios .....	37
2.2.5 Herramientas de la Manufactura Esbelta .....	38
<b>2.3 LEAN SEIS SIGMA .....</b>	<b>41</b>

2.3.1	Definición de Lean Seis Sigma.....	41
2.3.2	Comparación entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta.....	41
2.3.3	Integración Seis Sigma y Manufactura Esbelta .....	43
<b>2.4</b>	<b>CONCLUSIONES DEL MARCO TEORICO .....</b>	<b>47</b>
<b>3</b>	<b>CAPITULO III: ENFOQUE METODOLOGICO PARA LA</b>	
	<b>IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SEIS SIGMA EN PYMES .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2</b>	<b>LEAN SEIS SIGMA EN PYMES .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3</b>	<b>ANALISIS DE LOS MODELOS E IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS CLAVES</b>	
	<b>PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SEIS SIGMA EN PYMES.....</b>	<b>54</b>
<b>3.4</b>	<b>ENFOQUE METODOLOGICO PROPUESTO - LESEPYMES.....</b>	<b>56</b>
<b>3.5</b>	<b>METAS Y OBJETIVOS ESTRATEGICOS .....</b>	<b>58</b>
<b>3.6</b>	<b>ELEMENTOS TRANSVERSALES.....</b>	<b>59</b>
3.6.1	Cultura de Mejora Continua Kaizen .....	59
3.6.2	Liderazgo Enfocado en la Mejora.....	59
<b>3.7</b>	<b>FASE 1. PREPARACIÓN .....</b>	<b>60</b>
3.7.1	Compromiso de la Dirección .....	60
3.7.2	Alineación Estratégica de LSS .....	60
3.7.3	Enfoque al cliente .....	61
3.7.4	Formación en Lean Seis Sigma .....	61
3.7.5	Estandarización de los proceso.....	62
3.7.6	Cultura de Medición .....	62
<b>3.8</b>	<b>FASE 2. IDENTIFICACIÓN .....</b>	<b>63</b>
3.8.1	Identificación de los Focos de Mejora.....	63
3.8.2	Definición del Portafolio de Proyectos.....	63
<b>3.9</b>	<b>FASE 3. EJECUCIÓN.....</b>	<b>65</b>
3.9.1	Etapa 1. Caracterización de Proyectos.....	66
3.9.2	Etapa 2. Definición de línea base .....	66
3.9.3	Etapa 3. Identificación de causa raíz .....	67
3.9.4	Etapa 4. Definición de acciones de mejora.....	68
3.9.5	Etapa 5. Control y mantenimiento .....	70
<b>3.10</b>	<b>FASE 4. EVALUACIÓN .....</b>	<b>71</b>

3.11 CONCLUSIONES DEL CAPITULO Y COMENTARIOS SOBRE LA METODOLOGIA .....	72
<b>4 CAPITULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA EN UNA PYME DEL SECTOR DE MADERAS Y MUEBLES .....</b>	<b>74</b>
4.1 INTRODUCCIÓN.....	74
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	74
4.3 METAS Y OBJETIVOS ESTRATEGICOS DE LA EMPRESA.....	75
4.4 FASE 1. PREPARACIÓN .....	75
4.4.1 Compromiso de la Dirección .....	75
4.4.2 Alineación estratégica de Lean Seis Sigma .....	76
4.4.3 Enfoque al Cliente .....	77
4.4.4 Formación para Lean Seis Sigma .....	78
4.4.5 Estandarización de los procesos .....	78
4.4.6 Cultura de Medición .....	79
4.5 FASE 2. IDENTIFICACION.....	79
4.5.1 Identificación de Focos de Mejora .....	79
4.5.2 Definición de Portafolio de Proyectos .....	83
4.6 FASE 3. EJECUCIÓN.....	86
4.6.1 Proyecto 1. Disminución de las devoluciones por pegas abiertas .....	86
4.6.2 Proyecto 2. Disminución de las devoluciones por Gavetas defectuosas .....	99
4.7 FASE 4. EVALUACIÓN .....	114
4.8 CONCLUSIONES DEL CAPITULO.....	115
<b>5 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS .....</b>	<b>116</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>120</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Estructura Paralela y Jerárquica de Seis Sigma .....	23
Figura 2-2. Modelo de Kano .....	25
Figura 2-3. Desplazamiento del Proceso ( $Z_m$ ).....	28
Figura 2-4. Rendimiento Combinado RTY .....	30
Figura 2-5. Metodología DMAIC .....	33
Figura 2-6. Enfoque Holístico para la Selección de Proyectos Lean Seis Sigma .....	45
Figura 3-1. Modelo para la Implementación de Seis Sigma en Pymes de Terence Burton .....	52
Figura 3-2. Metodología de Debra Thomas para el Desarrollo de Programas Seis Sigma en Pymes.....	52
Figura 3-3. Modelo de Chakravorty para la Implementación de Seis Sigma.....	53
Figura 3-4. Metodología de Kumar et al Para Implementar Seis Sigma en Pymes. ....	54
Figura 3-5 .Propuesta metodológica para la implementación de LSS en Pymes .....	58
Figura 3-6. Metodología DMAIC para el Desarrollo de Proyectos Lean Seis Sigma.....	65
Figura 4-1. Mapa de Estratégico para la Implementación de Lean Seis Sigma .....	77
Figura 4-2. Pareto par Devoluciones por Tipo de Defecto.....	80
Figura 4-3. Pareto para Devoluciones por Producto .....	81
Figura 4-4. Proceso general para fabricación de alcobas .....	88

Figura 4-5. Diagrama de Isikawa - Proyecto Pegas Abiertas .....	92
Figura 4-6. Comportamiento del Porcentaje de Devoluciones - Proyecto Pegas Abiertas .....	97
Figura 4-6. Diagrama de Isikawa - Proyecto Pegas Abiertas .....	104
Figura 4-8. Verificación de Supuestos del Anova – Proyecto Gavetas Defectuosas .....	106
Figura 4-9. Comportamiento del Porcentaje de Devoluciones – Proyecto Gavetas Defectuosas ...	111



## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Evolución de las Teorías de Calidad.....	21
Tabla 2-2. Relación PPM y Nivel Sigma .....	28
Tabla 2-3. Herramientas Estadísticas usadas en la metodología DMAIC.....	34
Tabla 2-4. Sistemas de Producción Tradicional Vs Sistemas de Producción Esbelta.....	36
Tabla 2-5. Comparación entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma .....	42
Tabla 3-1. Factores críticos para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes.....	50
Tabla 3-2. Comparación de las Metodologías y Modelos para Implementar Lean Seis Sigma .....	56
Tabla 3-3. Justificación y Soporte de la Metodología LESEPYMES .....	57
Tabla 3-4. Identificación de Focos de Mejora.....	63
Tabla 3-5. Definición del Portafolio de Proyectos .....	64
Tabla 3-6. Caracterización de Proyectos.....	66
Tabla 3-7. Definición de Línea Base.....	67
Tabla 3-8. Identificación de Causa Raíz .....	68
Tabla 3-9. Definición de Acciones de Mejora .....	69
Tabla 3-10. Control y Mantenimiento de Mejoras .....	70
Tabla 3-11. Evaluación del Portafolio de Proyectos .....	71

Tabla 3-12. Modelos y Metodologías para Implementar Seis Sigma y Lean Seis Sigma.....	73
Tabla 4-1. SIPOC Para la Implementación de LESEPYMES.....	78
Tabla 4-2. Identificación de Focos de Mejora.....	82
Tabla 4-3. Lista de Proyectos Lean Seis Sigma .....	83
Tabla 4-4. Matriz de Evaluación de Proyectos Lean Seis Sigma.....	85
Tabla 4-5. Project Charter - Proyecto Pegas Abiertas.....	87
Tabla 4-6. Variables proceso de armado de pieceros, cabecera y largueros .....	88
Tabla 4-6. Plan de Recolección de datos - Proyecto Pegas Abiertas .....	90
Tabla 4-7. Informe Línea Base - Proyecto Pegas Abiertas .....	91
Tabla 4-8. Identificación de Causa Raíz - Proyecto Pegas Abiertas .....	93
Tabla 4-9. Análisis de Causas - Proyecto Pegas Abiertas .....	94
Tabla 4-10. Plan de Implementación - Proyecto Pegas Abiertas .....	95
Tabla 4-11. Comportamiento de las Métricas - Proyecto Pegas Abiertas.....	96
Tabla 4-12. Informe de Cierre de Proyecto - Proyecto Pegas Abiertas.....	98
Tabla 4-13. Project Charter - Proyecto Gavetas Defectuosas .....	100
Tabla 4-14. Variables Proceso de Corte y Armado - Proyecto Gavetas Defectuosas .....	101
Tabla 4-15. Plan de Recolección de Datos - Proyecto Gavetas Defectuosas .....	102
Tabla 4-16. Informe Línea Base - Proyecto Gavetas Defectuosas.....	103

Tabla 4-17. Identificación de Causa Raíz - Proyecto Gavetas Defectuosas.....	105
Tabla 4-18. ANOVA - Proyecto Gavetas Defectuosas .....	106
Tabla 4-19. AMEF - Proyecto Gavetas Defectuosas .....	107
Tabla 4-20. Plan de Mejoras - Proyecto Gavetas Defectuosas.....	109
Tabla 4-21. Comportamiento de las Métricas - Proyecto Gavetas Defectuosas .....	111
Tabla 4-22. Informe de Cierre de Proyecto - Proyecto Gavetas Defectuosas .....	112
Tabla 4-23. Evaluación del Portafolio de Proyectos .....	114

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Competencias mínimas requeridas para equipo Lean Seis Sigma.....	129
Anexo 2. Identificación de Focos de Mejora .....	130
Anexo 3. Identificación de Proyectos .....	132
Anexo 4. Matriz de Evaluación de Proyectos .....	133
Anexo 5. Informe Línea Base .....	134
Anexo 6. Guía para Evaluar la Repetibilidad y Reproducibilidad .....	135
Anexo 7. Guía para Evaluar la Sensibilidad.....	135
Anexo 8. Informe de Cierre de Proyecto.....	136
Anexo 9. Formato Evaluación del Portafolio de Proyectos .....	137
Anexo 10. Programa de Formación dentro del Marco del Programa de Eficiencia en PYMES para Lean Seis Sigma .....	138
Anexo 11. Diagnostico para la Estandarización de los Proceso y las Condiciones Laborales en la Empresa.....	140
Anexo 12. Formato de Devoluciones Internas Empresa. ....	141
Anexo 13. Numero de Devoluciones por Tipo de Defecto .....	142
Anexo 14. Numero de Devoluciones por Producto.....	143
Anexo 16. Estudio de Concordancia de Atributos para Inspección de Pegas Abiertas.....	144
Anexo 17. Análisis Estadístico para las Causas de Pegas Abiertas. ....	148

Anexo 18. Estudio de Concordancia de Atributos para Inspección de Gavetas Defectuosas.....	153
--	-----

## INTRODUCCIÓN

Lean Seis Sigma ha presentado una gran evolución en la última década debido al gran auge y acogida que ha tenido en el entorno empresarial, por lo cual, investigadores y consultores de diversas áreas de la ingeniería y la administración han desarrollado conceptos, modelos, métodos, técnicas y herramientas, buscando aumentar la efectividad en sus resultados; en términos de calidad, satisfacción del cliente y generación de valor agregado. También se busca explorar nuevos terrenos como el de la innovación, la sostenibilidad y la aplicación en diferentes contextos; servicios, logística, servicios hospitalarios, sector financiero, educación, sector público y Pymes.

Teniendo en cuenta la relevancia que tienen las Pymes en la economía de un País y el incipiente desarrollo de modelos y metodologías que aborden los problemas que implica llevar a cabo procesos de mejora en este tipo de organizaciones, en la presente investigación se propone una metodología para la implementación de Lean Seis sigma en Pymes, tomando como base los factores claves planteados en la teoría y validados en la práctica, con lo cual se busca proporcionar un método estructurado, que va desde la preparación de las organizaciones hasta la evaluación de los resultados derivados de desarrollar proyectos de mejora.

Para la definición de la metodología se toma como base los aspectos fundamentales de Seis Sigma y Manufactura Esbelta, que permitan estructurar las fases de preparación, identificación, ejecución y evaluación; teniendo en cuenta factores como: Cultura organizacional, grado de implementación de TIC`s, nivel de estandarización de procesos, capacidad financiera, procesos de medición, entre otros factores claves para lograr implementaciones exitosas.

El trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos: el capítulo I presenta las generalidades de la investigación que incluyen la definición de la problemática, los objetivos y la metodología que se utilizará; en el capítulo II se exponen los conceptos básicos de Seis Sigma, Manufactura Esbelta y Lean Seis Sigma, adicionalmente, se hace un revisión del estado del arte sobre Lean Seis Sigma en Pymes, a través del cual se identifican los factores claves y enfoques metodológicos para su implementación; en el capítulo III se describe la metodología propuesta para implementar Lean Seis Sigma en Pymes; y en el capítulo IV se hace la validación de la metodología en una empresa del sector maderas y muebles.

# **1 CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (**OCDE, 2012**) las Pymes en Latinoamérica representan el 99% del total de las empresas, y solo un 1% está representado en grandes empresas, lo cual evidencia la importancia de este tipo de empresas en el entorno productivo y como agente dinamizador de transformaciones y crecimiento económico. En este mismo informe la OCDE también pudo establecer que existen bajos niveles de productividad en las Pymes de Latinoamericanas ubicándose entre el 16% y 36% con respecto a la productividad de las grandes empresas, mientras que en los países Europeos esta diferencia es menor, ya que, el porcentaje de productividad en las Pymes se ubica entre un 63% y 75% con respecto a las grandes empresas.

En la actualidad, las Pymes en Colombia enfrentan un conjunto de problemas que afectan negativamente su productividad y competitividad, entre las cuales se puede resaltar: la falta de buenas de prácticas, baja agregación de valor en los procesos productivos, falta de estandarización en sus procesos y altos tiempos de respuesta a los clientes. Esta situación y la proyección de la economía del país por cuenta del crecimiento industrial sostenido y la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio, obliga a las empresas a generar estrategias efectivas para mejorar su competitividad y productividad. Bajo este panorama la implementación de la Manufactura Esbelta y el Seis Sigma en Pymes Colombianas juega un papel fundamental para mejorar sus condiciones actuales y crear una nueva cultura organizacional, enfocada en el mejoramiento continuo y la generación de valor agregado en sus procesos, productos y servicios.

Por esta razón, diferentes instituciones públicas y privadas diseñan y desarrollan estrategias orientadas a fortalecer las pequeñas y medianas empresas, con el fin de alcanzar un incremento en el nivel competitivo de la nación. En Colombia, entidades como Corporación CYGA, Corporación Calidad y el Banco Interamericano de Desarrollo han impulsado la implementación de la metodología Lean Seis Sigma en Pymes con resultados positivos en la productividad de estas empresas. En este sentido, la metodología apunta al mejoramiento de los procesos, conllevando a la

reducción en costos, el mejoramiento en la calidad de los productos o servicios ofertados y por tanto un aumento en la satisfacción de los clientes.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Seis Sigma y Manufactura Esbelta han sido utilizados ampliamente a nivel mundial debido a su efectividad para generar mejoras en los procesos, productos y servicios, con lo cual las organizaciones han conseguido fortalecer su imagen ante los clientes, generar valor agregado, disminuir costos y ser más competitivos. A pesar de esto, en la actualidad expertos en el tema plantean la importancia de trabajar *Lean Seis Sigma* como un enfoque holístico para el tratamiento de los problemas de calidad y eficiencia en una organización (**Ronald D. Snee and Hoerl, 2007**). Además, por la relevancia y contribución que pueden generar en las PYMES, se plantea también la necesidad de adaptar este enfoque de acuerdo a sus características particulares.

Un estudio realizado por **Antony et al., (2005)** en Pymes manufactureras del Reino Unido, analiza los factores críticos que limitan la implementación Lean Seis Sigma en este tipo de organizaciones, alguno de estos factores son: Compromiso de la dirección, Enfoque al cliente y la integración con la estrategia organizacional.

Por otro lado **Timans et al., (2011)** realizaron un estudio en Pymes Holandesas, en las cuales identifican como factores que dificultan la implementación de Lean Seis Sigma: la resistencia al cambio, la disponibilidad de recursos, el cambio en la cultura de la organización y la falta de liderazgo.

En otro estudio realizado por **Darshak A. Desai, (2012)** en las Pymes de la India, encuentre que: las limitación técnicas y tecnológicas, la infraestructura, la integración con la estrategia de la organización, el compromiso y la participación de la dirección y el conocimiento de la metodología Seis Sigma, son factores que limitan la implementación de Lean Seis Sigma.

Bajo esta situación, investigadores y expertos en el tema han propuesto modelos y metodologías para superar los obstáculos que implica la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes, pero, aún hay aspectos claves que no han sido abordados con efectividad (**Maneesh Kumar et al., 2011**), por lo cual, la discusión en este tema aún se encuentra abierta dando cabida a nuevas propuestas. Por esta razón el presente trabajo plantea la siguiente pregunta de investigación:



**¿Qué metodología debe ser utilizada para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes, de tal manera que se superen los obstáculos que supone trabajar procesos de mejora en este tipo de organizaciones?**

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Lean Seis Sigma tiene el potencial de aportar resultados positivos a las organizaciones que lo implementan, independiente de su tamaño o tipología. Pero, para garantizar la efectividad en la obtención de resultado deben desarrollarse modelos y herramientas de apoyo, adicionales a las utilizadas tradicionalmente, con el fin de superar los obstáculos que se presentan cuando se implementa en Pymes de diferentes tipos.

Desde el punto de vista practico, el desarrollo de una metodología para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes puede generar un impacto positivo con influencia en los índices de calidad y eficiencia, métricos que evidenciaran un mejor desempeño en las organizaciones donde se implemente. Adicionalmente, el modelo diseñado permitirá **(Wessel and Burcher, 2004) (Taj, 2008)**:

- Desarrollar procesos de mejora continua en Pymes dentro del contexto nacional y regional;
- Generar estrategias para la mejora de la productividad y competitividad de las Pymes, apoyado en herramientas de Lean Seis Sigma;
- Promover una cultura orientada a la excelencia operacional en las Pymes;
- Aumentar la satisfacción del cliente externo, brindándole productos y servicios de calidad.

Por otro lado, la metodología realizará aportes importantes en las área de conocimiento de calidad, productividad y Lean Seis Sigma, ya que se desarrollaran nuevas herramientas y se adaptaran otras ya existentes, lo que permitirá ampliar la base de conocimiento en esta área. Todo esto, facilitará la implementación de nuevas estrategias de mejora de la calidad y la productividad a través de Lean Seis Sigma.

Al hacer las validaciones practicas del modelo planteado, se podrán identificar nuevas oportunidades de mejora y además de esto levantar lecciones aprendidas, que servirán como punto de partida para seguir desarrollando nuevos modelos y herramientas mejoradas, que permitan cada día implementar Lean Seis Sigma en Pymes con una mayor efectividad.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 General

Diseñar una metodología para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes, a través de la integración de los enfoques de Manufactura Esbelta, Seis Sigma y la Gestión de Portafolio de proyectos, con el fin de brindar una herramienta practica que permita a las Pymes abordar los problemas de calidad, eficiencia y productividad con mayor efectividad.

### 1.4.2 Específicos

- Elaborar un marco referencial e identificar los enfoques metodológicos para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes, a través de la revisión el estado del arte de modelos y casos de implementación de los dos enfoques, con el fin de identificar los referentes en los cuales se basará la propuesta metodológica.
- Identificar los factores, variables y aspectos claves para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes, con el fin de diseñar estrategias que permitan abordar las problemáticas que tienen mayor influencia en el despliegue de Lean Seis Sigma en estas organizaciones.
- Diseñar la estructura de la metodología que permite identificar, definir, ejecutar y evaluar proyectos Lean Seis Sigma, alineados con la estrategia de la organización y los críticos de satisfacción de los clientes.
- Validar la metodología en una Pyme de la ciudad de Barranquilla y su área metropolitana, mediante el desarrollo de un conjunto de acciones y proyectos pilotos, con el fin de verificar su efectividad y definir futuras líneas de trabajo en el tema.

## 1.5 METODOLOGÍA

### 1.5.1 Tipo de Estudio

El estudio es de tipo de *exploratorio*, ya que inicialmente se hace una investigación de los factores claves para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes, y a partir de allí se definen los elementos necesarios en la metodología, para garantizar el éxito de los proyectos de mejora.

Por otro lado el estudio es una investigación *aplicada*, ya que la metodología diseñada es validada en una Pyme del sector de madera y muebles, con el fin de verificar, en qué grado se superan las dificultades que implica trabajar el enfoque Lean Seis Sigma en este tipo de organizaciones.

### **1.5.2 Procedimiento**

El trabajo de grado se desarrolló en cinco (5) fases las cuales se detallan a continuación:

**Fase 1. Revisión y Análisis de la Bibliografía:** primeramente se hizo una búsqueda de artículos y libros referentes a Seis Sigma, Manufactura Esbelta y Lean Seis Sigma, haciendo énfasis en aquellos que plantean metodologías, estudio de factores críticos y casos aplicados en Pymes. Esta revisión permitió levantar un marco referencial para establecer los elementos claves, que sirvieron como base para diseñar la metodología que se propone en este trabajo.

**Fase 2. Diseño de la Metodología:** Con base en los elementos claves identificados en la revisión bibliográfica, se plantearon las fases necesarias para implementar Lean Seis Sigma en una Pyme. Adicionalmente, para cada fase se definieron las actividades que se deben llevar a cabo y el orden en que se deben desarrollar. Las fases y actividades planteadas en la metodología, se definieron de tal forma que puedan dar respuesta a los factores críticos que dificultan la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes.

**Fase 3. Diseño e Identificación de herramientas de apoyo:** como apoyo a cada una de las actividades de la metodología se identificaron y plantearon un conjunto de herramientas estadísticas y no estadísticas que sirven como apoyo para: tomar datos; consolidar información; analizar datos e información; identificar y priorizar proyectos Lean Seis Sigma; tomar decisiones; definir y planear la implementación de acciones de mejora; planear y hacer seguimiento a los proyectos; entre otras. Algunas de las herramientas son tradicionalmente usadas en los enfoques de Seis Sigma y Manufactura Esbelta, pero, algunas de las herramientas planteadas son producto de la investigación.

**Fase 4. Implementación y Validación de la Metodología:** la implementación y validación de la metodología se llevo a cabo en una Pyme del sector maderas y muebles. Para esto, se desarrollaron cada una de las fases y actividades propuestas con el apoyo de las herramientas planteadas. La validación permitió poner a prueba la efectividad de la metodología en la implementación de Lean Seis Sigma.

**Fase 5. Análisis de Resultados:** en esta fase se plantean las conclusiones de la implementación de la metodología, se identifican elementos que mejoran su aplicabilidad y por ultimo se plantean líneas de trabajo futuras sobre las cuales se puede seguir desarrollando la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes.

## **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.6.1 Alcances**

El alcance de la investigación está orientado al diseño y la validación de la metodología en un Pyme de la ciudad de Barranquilla que cuente con personal formado en Lean Seis Sigma a nivel de Green Belt ó Black Belt.

### **1.6.2 Limitaciones**

La verificación de los resultados operacionales y financieros tendrán una ventana de observación limitada al tiempo en que desarrollará la validación de la metodología en la empresa. Por tanto, no se podrán evaluar el comportamiento de los resultados después de terminada la investigación. Los impactos financieros de los proyecto serán evaluados con base en costos unitarios de referencia (valores cobrados por entes externos para corregir los problemas de calidad de los productos), y no a través de modelos de costeo de mala calidad. Además, los ahorros esperados se calcularan a partir de las relaciones directas que estos tengan con las medidas operacionales, y no estarán basados en cálculos reales verificables en los estados financieros de la organización.

## 2 CAPITULO II: MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 SEIS SIGMA

#### 2.1.1 Antecedentes y Evolución de Seis Sigma

Seis Sigma es considerado como una evolución de las teorías clásicas de la calidad y la mejora continua, tales como, el Control Estadístico de Proceso y la Administración de la Calidad Total TQM, entre otras (**Folaron, 2003**) (**Montgomery, 2009**) (Ver Tabla 2-1). En este sentido Seis Sigma toma algunos elementos de sus teorías precursoras y los integra a su metodología, creando un enfoque mejorado y más integral, cuyo éxito se basa en los siguientes aspectos (**Montgomery and Woodall, 2008**):

- Se enfoca en las necesidades y críticos de satisfacción del cliente
- Los proyectos Seis Sigma tienen como objetivo la generación de valor para la organización, lo cual se ve reflejado en los impactos financieros y operacionales
- Para su desarrollo requiere mayor compromiso de la gerencia para generar cambios
- Su operacionalización es llevada a cabo por equipos internos debidamente capacitados y con un alto nivel de formación en la metodología, lo cual garantiza la correcta aplicación de herramientas estadísticas, según la fase del proyecto y la problemática abordada

**Tabla 2-1. Evolución de las Teorías de Calidad**

<b>Autor (Año)</b>	<b>Teoría</b>
Frederick W. Taylor (1875)	Administración Científica
Henry Ford (1900)	Mejora de procesos, Conceptos de autocontrol e inspección
W. A. Shewhart (1924)	Cartas de Control – Circulo PDCA
H. F. Dodge and H. G. Romig (1928)	Métodos de Muestreo de aceptación
G. Taguchi (1950)	Diseño Robusto
E. Deming (1950s)	Control Estadístico de Procesos y Circulo PHVA
K. Ishikawa (1960s)	Circulo de control de calidad
Industria Japonesa (1950-1960)	Administración de la Calidad Total TQM
A. V. Feigenbaum (1951)	Control Total de la Calidad
Philip Crosby (1960s)	Programa de “Cero Defectos”
ISO (1987)	ISO 9000 Estándar sobre Gestión de la Calidad
Motorola (1987)	Seis Sigma
Michael George (2002)	Lean Seis Sigma

Fuente. Adaptado de Montgomery, D. C. (2009). Introduction to statistical quality control

**Andersson et al., (2006)** hacen un comparación entre Seis Sigma y TQM, donde establecen, que aunque estos dos enfoques tienen bases conceptuales muy similares, Seis Sigma agrega nuevos elementos en la Gestión de la Mejora, como son: el uso sistemático de herramientas estadísticas y no estadísticas, la orientación a resultados financieros, el mantenimiento de las ganancias y la solución de problemáticas puntuales a través proyectos.

Si bien algunos autores sostienen que no hay mucha diferencia entre lo que plantea Seis Sigma con respecto a las teorías que la preceden, su amplia aceptación en las organizaciones a nivel mundial está fundamentada en su enfoque práctico, efectivo e integral, basado en metas claramente definidas, que van más allá de una filosofía y el uso herramientas estadísticas, propendiendo siempre por la articulación sistemática de los objetivos estratégicos de la organización y a las necesidades del cliente (**Schroeder et al., 2008**).

### **2.1.2 Origen de Seis Sigma**

El origen de Seis Sigma se remonta al año 1986 gracias a un ingeniero de Motorola llamado Bill Smith, quien desarrolló un programa enfocado en la mejora de la calidad y la reducción de defectos en sus productos. Los primero resultados del programa demostraron la efectividad de Seis Sigma y a partir de allí la empresa Motorola la implementó en toda la organización como una estrategia de negocios para mejorar la calidad de los productos, reducir los costos de producción y ampliar los mercados de productos y servicios (**Montgomery and Woodall, 2008**).

### **2.1.3 Que es Seis Sigma**

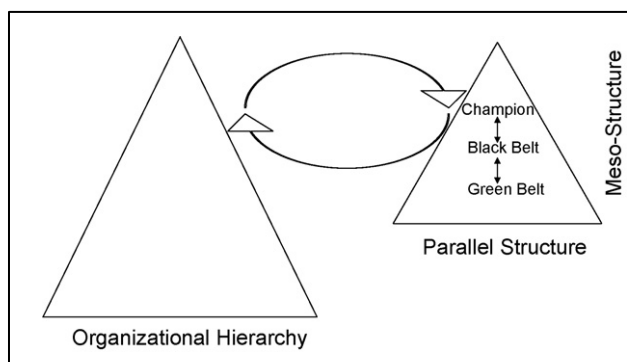
**Montgomery y Woodall (2008)** definen Seis Sigma como un enfoque estructurado, orientado a proyectos y apoyado en herramientas estadísticas, que busca reducir la variabilidad en los procesos y eliminar los defectos y desperdicios en productos, procesos y transacciones. Por este razón, es considerada en la actualidad como una de las estrategias de negocios más fuerte y efectiva para la mejora de la calidad en las organizaciones.

**Schroeder et al., (2008)** dan una definición que integra todos los elementos observados en la aplicación y perspectiva de los expertos que implementan Seis Sigma, estableciendo que, esta es una metodología estructurada que permite reducir la variabilidad de los procesos de una organización, a través del uso de un proceso estructurado, indicadores de desempeño y personal

altamente calificado para llevar a cabo proyectos de mejora de la calidad, quienes están organizados en una estructura paralela y jerárquica (ver Figura 2-1), que busca alcanzar los objetivos estratégicos de la organización. En esta definición se pueden identificar algunos aspectos claves que ayudan a tener una mayor comprensión de lo que es Seis Sigma y como se diferencia de las teorías clásicas de calidad:

- **Los proyectos Seis Sigma se desarrollan a partir de una estructura Paralela y Jerárquica:** Paralela se refiere a estructuras que operan externamente a la organización y no alteran la forma en cómo se desarrollan sus proceso internos (**Lawler, 2000**) (ver Figura 2-1). De esta manera Seis Sigma opera de forma paralela para desarrollar proyectos de mejora continua, a través de equipos de trabajos organizados de manera jerárquica, según su poder decisión en la organización, responsabilidad en el proyecto y nivel experticia en la metodología Seis Sigma. Esta jerarquía permite hacer una mejor integración entre los proyectos de mejora y los objetivos estratégicos de la organización (**Barney, 2002**).

**Figura 2-1. Estructura Paralela y Jerárquica de Seis Sigma**



Fuente. Schroeder, et al. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory.

- **Los Proyectos Seis Sigma son ejecutados por personal capacitado en la metodología:** Este es un aspecto clave en la metodología, ya que, las personas que participan en la ejecución de los proyectos, independiente de su nivel de responsabilidad o el rol que desempeñan, deben recibir capacitación en la metodología, la cual puede variar en cuanto tiempo y las competencias requeridas (**ISO 13053-1, 2011**).
- **La Ejecución de proyectos Seis Sigma está basada en una metodología Estructurada:** en general, cada proyecto Seis Sigma es desarrollado en cinco pasos, conocidos como la metodología DMAIC por sus siglas en inglés (Define, Measure, Analyze, Improve,

Control). Esta metodología está basada en el ciclo de mejora PCDA (Plan, Do, Check, Act) planteado por **Shewhart (1931)**. La metodología facilita la aplicación e integración de las herramientas estadísticas y de gestión de la calidad en la solución de los problemas abordados (**Schroeder et al., 2008**).

- **Los resultados de los proyectos Seis Sigma son monitoreados constantemente por indicadores o medidas de desempeño:** Seis Sigma utiliza una gran variedad de medidas de desempeño conocidas como métricos, estos permiten monitorear los procesos y hacer seguimiento a los objetivos planteados en cada proyecto. Los métricos pueden ser: indicadores operacionales, indicadores financieros, críticos de calidad, medidas estratégicas, medidas de servicios, entre otros (**Schroeder et al., 2008**).

#### **2.1.4 La Voz del Cliente**

Uno de los aspectos claves del enfoque Seis Sigma es su fuerte orientación hacia las necesidades y expectativas del cliente, tanto externo como interno, por esta razón, “La Voz del Cliente” debe ser una fuente de información y retroalimentación constante, que guía toda la ejecución de un proyecto Seis Sigma (**ISO 13053-1, 2011**).

Dentro del enfoque Seis Sigma “La Voz del Cliente” se traduce en factores críticos de satisfacción, comúnmente llamados “CTS”, los cuales se clasifican en (**Pyzdek and Keller, 2009**):

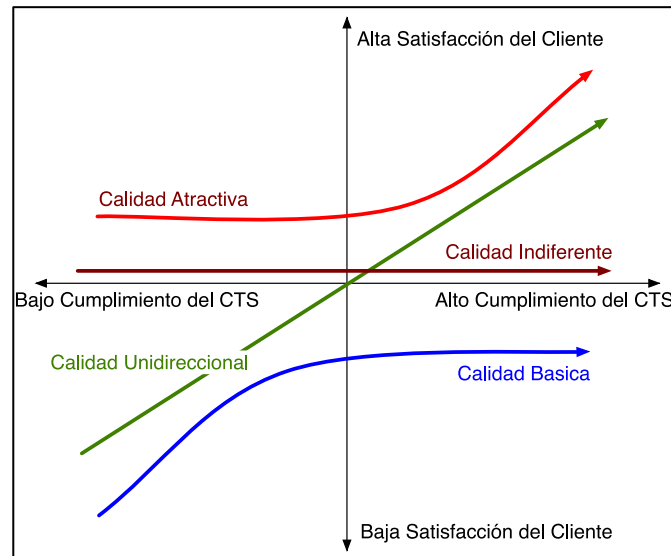
- **Críticos de Calidad (Critical to Quality, CTQ):** normalmente están asociados a las características y requisitos funcionales que el cliente espera con respecto al producto, proceso o servicio que este demandando.
- **Críticos de Costo (Critical to Cost, CTC):** son factores financieros y económicos que el cliente considera son críticos para evaluar el desempeño del proceso, producto o servicios. Su percepción acerca de estos factores está basada en la relación Costo-Beneficio.
- **Críticos de Oportunidad (Critical to Delivery, CTD):** estos factores hacen referencia a tiempos y condiciones de entrega. El cliente los evalúa a partir de la rapidez y pertinencia con la que se satisfacen sus requerimientos.

Teniendo en cuenta que es imposible satisfacer en un cien por ciento los requerimientos de los clientes, es necesario entrar a priorizar, teniendo en cuenta criterios claramente definidos que estén



basados en las expectativas del cliente. En este sentido, el Profesor Noriaki Kano presenta un modelo (ver Figura 2-2) que permite clasificar y priorizar los requerimientos del cliente en cuatro categorías:

**Figura 2-2. Modelo de Kano**



Fuente. adaptado de Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2009). The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels

- **Calidad Básica:** son requerimientos que el cliente da por sentado que se cumplirán, por tanto el efectivo cumplimiento de este tipo de requisito no genera un cambio en la percepción del cliente. Contrario pasa cuando no se cumple, ya que esto genera gran insatisfacción.
- **Calidad Unidireccional:** un requerimiento se considera de calidad unidireccional cuando el nivel de satisfacción del cliente está altamente correlacionado y va en la dirección de su nivel de cumplimiento.
- **Calidad Atractiva:** este tipo de requerimientos está relacionado con factores de innovación y de generación de valor agregado para el cliente; en otras palabras, son aquellos beneficios que el cliente recibe adicional a los requerimientos básicos.
- **Calidad Indiferentes:** el nivel de cumplimiento de este tipo de requerimientos no afecta en nada la satisfacción del cliente.

Dentro del modelo de Kano los críticos de satisfacción se deben abordar y priorizar en el siguiente orden: Calidad Básica, Calidad Unidireccional, Calidad Atractiva y por ultimo Calidad Indiferente.

### 2.1.5 Métricos para Seis Sigma

Las métricas son medidas de desempeño que permiten tener un conocimiento real del estado actual del problema que se está abordando, por esta razón, su definición representa un factor clave de éxito para el desarrollo de cualquier proyecto Seis Sigma; una incorrecta definición de las medidas de desempeño pueden desviar el enfoque del problema y su evolución (**Pyzdek and Keller, 2009**).

Las medidas de desempeño están estrechamente relacionadas con el nivel de satisfacción o cumplimiento de las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente (**K Linderman, 2003**), por lo cual se utilizan variables de calidad, costo y tiempo para su definición (**Pyzdek and Keller, 2009**). Una buena medida de desempeño tiene las siguientes características:

- Están enfocados en los clientes y los factores que agregan valor para ellos
- Están articulados con la misión, visión y estrategia de la organización
- Están relacionados con los procesos internos
- Su medición no requiere un gran esfuerzo en cuanto tiempo y costo
- Se pueden tomar en periodos de tiempo corto
- Permiten medir el desempeño y observar la tendencia a lo largo del tiempo
- Se definen con la colaboración de equipos de trabajos que brindan diferentes perspectivas y desempeñan diferentes roles en la recolección de datos, validación y análisis.

Hablar de calidad Seis Sigma en los procesos implica utilizar una o varias medidas de desempeño estandarizadas que permitan la comparación y validación de los resultados, independiente de la naturaleza de los procesos, el tipo de datos y los métodos de medición. Para tal fin, el enfoque Seis Sigma propone una medida de desempeño estandarizada que mide el nivel de calidad en función del número de sigmas (**Vázquez, 2005**). El cálculo del nivel de calidad Sigma en un proceso tiene dos procedimientos, uno para datos continuos y otro para atributos.

#### Nivel de Calidad Sigma Para Datos Continuos

Para establecer el nivel *Sigma* de un proceso cuyos datos son continuos y siguen una distribución normal, primero se debe calcular el **Índice Z**, que mide la distancia en unidades de desviación ( $\sigma$ ) entre los límites de especificación y la media ( $\mu$ ) del proceso. Para procesos con doble

especificación se debe calcular dos índices Z; uno para el límite superior de especificación y otro para el límite inferior de especificación. Las fórmulas para su cálculo se detallan a continuación:

$$\frac{LSE - \bar{X}}{\sigma} \quad \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma}$$

entonces,

donde, LSE: Límite superior de especificación, LIE: Límite inferior de especificación,  $Z_{sup}$ : Z superior,  $Z_{inf}$ : Z inferior, Z: Nivel de Calidad Sigma

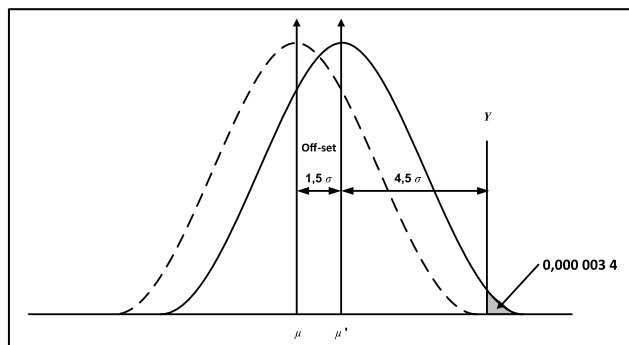
El índice Z puede ser considerado de corto ( $Z_C$ ) o de largo plazo ( $Z_L$ ), dependiendo de los datos que se tomen para calcular la desviación estándar. Si los datos se tomaron en un periodo de tiempo corto, basado en un subgrupo o teniendo en cuenta una variable de estratificación, el índice se considera de corto plazo. Pero, si los datos se tomaron en un horizonte de tiempo largo o teniendo en cuenta el total de la población, el índice se considera de largo plazo (**Pyzdek and Keller, 2009**). La diferencia entre  $Z_C$  y  $Z_L$  se conoce como *Desplazamiento o movimiento del proceso  $Z_m$*  (ver Figura 2-3), donde:

Este desplazamiento denota la habilidad para dominar la tecnología o el nivel de estandarización del proceso, por tanto entre menor sea el valor del desplazamiento se podrá afirmar que hay un mejor dominio de la tecnología o una mejor estandarización del proceso (**Gutiérrez Pulido and Vara Salazar, 2009**). Hay estudios que establecen que la media de proceso ( $\mu$ ) puede tener un desplazamiento a largo plazo de hasta 1,5 sigmas de ambos lados (**Harry and Lawson, 1992**) (Ver Figura 2-3). Otra forma para calcular el nivel de calidad sigma es a partir de la fórmula planteada por **Schmidt & Launsby (1997)**:

$$\frac{LSE - \bar{X}}{\sigma} \quad \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma}$$

Donde, PPM es el número de partes por millón que se encuentran por fuera de especificaciones o no cumplen con los criterios de calidad. En la Tabla 2-2 se presenta la relación que existe entre el nivel sigma del proceso y su rendimiento en PPM.

**Figura 2-3. Desplazamiento del Proceso ( $Z_m$ )**



Fuente. ISO 13053-1. (2011). Quantitative methods in process improvement -Six Sigma

**Tabla 2-2. Relación PPM y Nivel Sigma**

Calidad Sigma $Z_C$	PPM de Corto Plazo	Calidad Sigma $Z_L$	PPM Largo Plazo
1	317.300	-0,5	697.700
2	45.500	0,5	308.700
3	2.700	1,5	66.807
4	63	2,5	6.210
5	0.57	3,5	233
6	0.002	4,5	3.4

Fuente. Gutiérrez Pulido and Vara Salazar (2009) “Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma”

### Nivel de Calidad Sigma Para Atributos

Para características de calidad que no están asociadas a mediciones si no atributos, se utiliza la métrica **Defectos por millón de Oportunidades (DPMO)**, que se calcula a partir de la relación entre el número de defectos o no conformidades (d) halladas en un número total de criterios evaluados. El número total de criterios evaluados se calcula multiplicando el numero unidades inspeccionadas (U) por la cantidad de criterios a evaluar por unidad (O).

La filosofía Seis Sigma propone como objetivo un DMPO = 3,4 o DPO =  $3,4 \times 10^{-6}$ . Esto significa encontrar máximo 3,4 no conformidades por cada millón de criterios u oportunidades evaluadas. Cabe resaltar que las métricas DPU y DPMO siguen una distribución Poisson cuando se tiene más de un Oportunidad (O), por tanto el nivel sigma (Z) se debe calcular a partir de la siguiente formula **(Gutiérrez Pulido and Vara Salazar, 2009)**:

Si solo hay una oportunidad a evaluar en una unidad (tradicional sistema Pasa/No Pasa) entonces el DMPO y el DPU siguen una Distribución Bimomial, por tanto se utilizara el enfoque de aproximación a la Distribución Normal para calcular el nivel sigma de corto plazo ( $Z_C$ ) **(Gutiérrez Pulido and Vara Salazar, 2009)**, entonces:

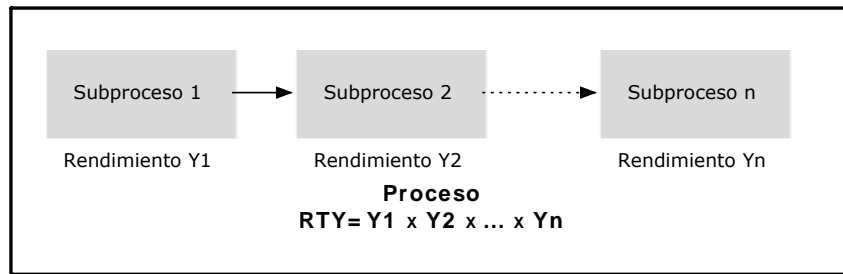
### **Rendimiento Combinado RTY (Rolled Througput Yield)**

El RTY es una medida de desempeño conjunta de varios subprocesos que se encuentran en línea (Ver Figura 2-4), este valor se calcula multiplicando los rendimientos individuales de cada subproceso:

---

El RTY se interpreta como la probabilidad de que una unidad salga sin defectos después de haber pasado por una serie de  $n$  subprocesos.

**Figura 2-4. Rendimiento Combinado RTY**



Fuente. Elaboración Propia (2012)

### 2.1.6 Equipo Seis Sigma

Según la Sociedad Americana para la Calidad (ASQ, American Society for Quality) el desarrollo de proyectos Seis Sigma requiere un equipo de trabajo debidamente estructurado según el nivel de formación y experiencia en la aplicación de la metodología. Por esta razón, de manera estándar se han definido una serie de roles dentro del enfoque Seis Sigma, el cual permite categorizar cada miembro del equipo según su nivel de formación en la metodología DMAIC y su posición de liderazgo dentro de cada organización. A continuación se describen cada uno de los roles con su respectivo nivel de formación y funciones.

**Campeones (Champions):** Es la persona encargada de ejercer influencia en toda la organización sobre la implementación de proyectos Seis Sigma, normalmente son funcionarios internos de la organización con alto poder de decisión y capacidad de liderazgo. Requiere conocer de manera general la metodología con un nivel de formación de Cinturón Verde; con un énfasis en Selección y Administración de Portafolio de proyectos Seis Sigma. Entre sus funciones básicas esta:

- Fijar las estrategias para la implementación de Seis Sigma en toda la organización
- Establecer y promover los objetivos del negocio con respecto a los proyectos Seis Sigma

**Maestros Cinturones Negros (Master Black Belt):** Se encargan de brindar soporte a los cinturones negros para el desarrollo de la metodología Seis Sigma y el uso de las herramientas. Son los encargados de brindar formación a todos los demás miembros del equipo Seis Sigma y puede ser personal interno o externo de la organización, por esta razón, requieren tener alto conocimiento y experiencia en la implementación de metodología DMAIC y el uso de herramientas estadísticas. Entre sus funciones se encuentra:

- Capacitar al equipo Seis Sigma en la metodología y uso de herramientas estadísticas
- Hacer seguimiento sobre el desarrollo de la metodología
- Brindar soporte en la identificación de proyectos de mejora y definir su alcance
- Verificar el cumplimiento de los objetivos del proyectos y plantear estrategias en caso no haberse alcanzado
- Liderar proyectos de alta complejidad

**Cinturones Negros (Black Belt):** Son personas dedicadas tiempo completo al desarrollo de proyectos Seis Sigma. Su responsabilidad en la consecución de los objetivos del proyecto es alta y por tanto deben participar de manera activa en cada una de las fases del proyecto. Reciben una formación en el uso de la metodología Seis Sigma y herramientas estadística, lo cual tiene una duración que va entre 120 y 160 horas. Entre sus funciones esta:

- Trabajar con las diferentes áreas involucradas en el proyecto, con el fin de identificar y cuantificar las oportunidades de mejora
- Lidera el desarrollo de la metodología Seis Sigma
- Orientar y hacer seguimiento a las actividades de los Cinturones Verdes
- Liderar y Guiar el uso de las herramientas estadísticas en cada una de las fases del proyecto

**Cinturones Verdes (Green Belt):** comprenden analistas, profesionales o personal técnico de cada una de las áreas involucradas. Son los encargados del desarrollo de la metodología, la implementación en cada una de las áreas, y brindan soporte para la toma y suministro de información necesaria para el desarrollo del proyecto. Estas personas reciben un entrenamiento en la metodología Seis Sigma y herramientas estadísticas similar a la de los Cinturones negro, pero con una menor profundidad e intensidad horaria; normalmente entre 60-80 horas. Entre sus funciones esta:

- Tomar y suministrar información necesaria para el desarrollo del proyecto
- Apoyar a los cinturones negros en la implementación en cada una de las áreas
- Según el tamaño del proyecto, lideran proyectos y equipos de trabajo

### 2.1.7 Metodología DMAIC

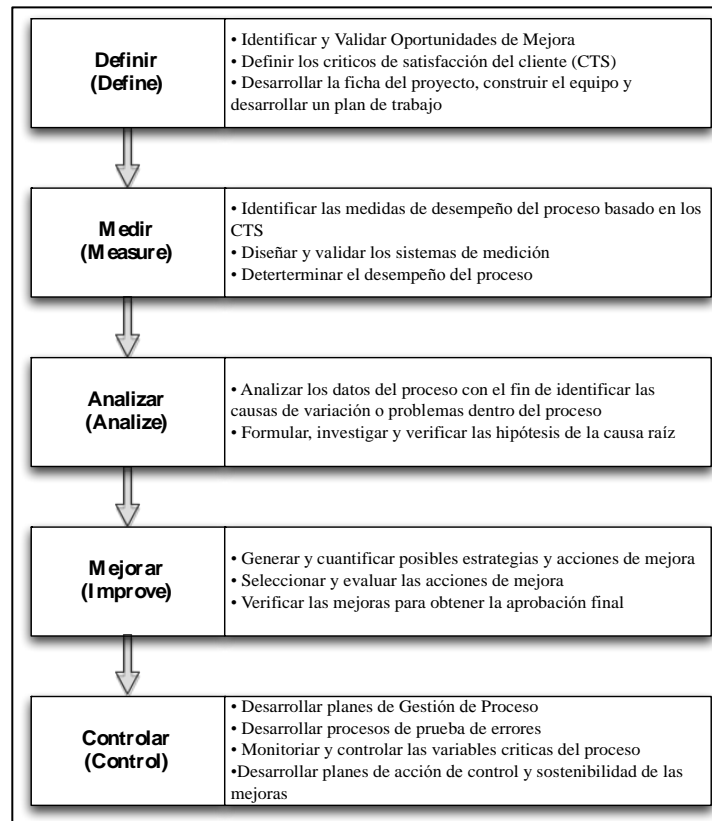
Un proyecto Seis Sigma normalmente utiliza la metodología DMAIC, que es el acrónimo en inglés de las palabras Definir (Define), Medir (Measure), Analizar (Analyze), Mejorar (Improve) y Controlar (Control). Esta es una metodología basada en el ciclo PDCA de Shewhart, que integra dentro de cada una de las fases una serie de herramientas estadísticas y de gestión, con el fin de identificar oportunidades de mejora en los procesos y definir estrategias (**Ron D. Snee and Hoerl, 2004**) (**Montgomery, 2009**). Por otro lado, **Schroeder et al., (2008)** da una definición basado en la teoría de las rutinas organizacionales, donde establece que, la metodología DMAIC es una *Metarutina*, conformada por cinco pasos básicos que modifica otras rutinas dentro de la organización, con el fin el dar una solución a un problema específico. En la Figura 2-5 se presenta una descripción de cada una fases de la metodología DMAIC.

Uno de los aspectos más fuertes de la metodología es que brinda una estructura genérica para la solución de problema, que puede ser adaptable en cualquier área (producción, logística, recursos humanos, mantenimiento, contabilidad y finanzas, comercial, etc.) y tipo de organización (Empresa Manufacturera, prestadora de servicios, entidad educativa, entidad prestadora servicios hospitalarios, etc.) (**Jiju Antony et al., 2006**). Adicionalmente, **Pande and Holpp (2002)** establecen siete aspectos claves que explican el éxito de la metodología DMAIC y marcan la diferencia con otros enfoques como los círculos de calidad y la Administración de la Calidad Total TQM, estos aspectos son:

- Parte de la identificación de las necesidades y expectativas del cliente
- No solo identifica el problema, sino que mide su estado actual
- Identifica y valida la causa raíz a través de métodos estadísticos
- Gestiona el riesgo asociado al desarrollo de los proyectos de mejora
- Elimina los viejos hábitos y facilita el establecimiento de una cultura organizacional enfocada en la intolerancia a los defectos y la solución creativa de los problemas
- Mide y hace seguimiento constante a los resultados operacionales y financieros
- Se enfoca en estandarizar y mantener las “Mejores Prácticas” alcanzadas en la implementación del proyecto



**Figura 2-5. Metodología DMAIC**



Fuente. Adaptado de Montgomery, D. C. (2009). Introduction to statistical quality control

### 2.1.8 Herramientas para la Implementación de Seis Sigma

Uno de los elementos claves del éxito en la implementación de la metodología DMAIC es el uso de herramientas estadísticas y de gestión (Montgomery and Woodall, 2008). En la Tabla 2-3 se presenta un resumen de las herramientas comúnmente utilizadas en cada una de las fases del DMAIC.

El uso de cada una de las herramientas depende en gran medida de la fase de la metodología que se esté desarrollando y el tipo de problema que se esté abordando, y en este sentido el Maestro Cinturón Negro y el Cinturón Negro juegan un papel importante, ya que sobre ellos recae en gran parte, la responsabilidad de decidir cuáles son las herramientas que se deben utilizar en cada proyecto en particular.

**Tabla 2-3. Herramientas Estadísticas usadas en la metodología DMAIC**

Herramientas	Fases del DMAIC				
	Definir	Medir	Analizar	Mejorar	Controlar
Project Charter	X				
Mapa de Procesos y Mapa de Flujo de Proceso	X				
SIPOC	X				
Despliegue de la Función Calidad QFD	X				
Análisis de Capacidad de Proceso		X			
Análisis R&R,		X	X		
Análisis de Concordancia de Atributos		X	X		
Análisis Causa-Efecto, Análisis de Pareto		X	X		
Pruebas Hipótesis, Intervalos de Confianza			X		
Análisis de Regresión			X	X	
Métodos Estadísticos Multivariados			X	X	
Diseño de Experimento			X	X	
Métodos de Superficie de Respuesta				X	
Cartas de Control		X	X		X
Análisis de Modo y Efecto de Fallo			X	X	X

Fuente. Adaptado de Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). An Overview of Six Sigma

## 2.2 MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING)

### 2.2.1 Antecedentes de la Filosofía de Manufactura Esbelta

La Manufactura Esbelta está estrechamente relacionada con el Sistema de Producción Toyota (TPS), ya que se considera esta última como la precursora y la base de la toda la filosofía de los Sistemas Esbeltos. Los orígenes del Sistema de Producción Toyota se remonta a los años 1950 y se basa en las ideas desarrolladas por los ingenieros Japoneses Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno, quienes crearon una cultura enfocada en la identificación y eliminación de desperdicios en los sistemas de producción (**Godinho Filho and F. C. F. Fernandes, 2004**). El Sistema de Producción Toyota está soportando en tres principios básicos (**Ohno, 1988**):

- **Justo a Tiempo:** Fabricar lo necesario en el momento necesarios, evitando generar inventarios
- **Jidoka:** Integración efectiva entre la Tecnología y el talento humano, buscando un flujo continuo en la producción
- **Kaizen:** Todo es susceptible a ser mejorado, generando esto una cultura enfocada en la mejora continua

Investigaciones llevadas a cabo entre 1985 y 1990 por **Womack et al., (1990)** y apoyadas por el *International Motor Vehicle Program (IMVP)* y el *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, evidenciaron una diferencia de productividad de casi el doble, entre las plantas de ensamblaje de

automóviles en Japón con respecto a las de Occidente; atribuyendo este hallazgo a la implementación de la Filosofía del Sistema de Producción Toyota en empresas del Sector Automotriz en Japón. Algunos autores atribuyen a este estudio el origen lo que hoy se conoce Manufactura Esbelta (**Lewis, 2000**) (**Godinho Filho and F. C. F. Fernandes, 2004**) (**I. B. da Silva et al., 2011**), que a diferencia del Sistema de Producción Toyota, se presenta mas como una filosofía para “*Identificar y Crear Valor*” en la organización y los clientes, que va mas allá de la eliminación desperdicios para el aumento de la eficiencia (**Jones and Womack, 2012**).

### **2.2.2 Enfoque de Manufactura Esbelta**

**Jones and Womack, (2012)** presentan un concepto bastante amplio que no limita la aplicación de esta filosofía a los sistemas de Producción, si no que la extiende a otros contextos de la organización, considerando que, la Manufactura Esbelta es un enfoque que permite mejorar la forma como la empresa organiza y gestiona la relación con sus clientes, la cadena de suministro, el desarrollo y fabricación de sus productos, buscando generar mayores salidas con menores recursos y de esta forma potenciar la productividad y competitividad.

Por otro lado **Shah and Ward, (2003)** definen la Manufactura Esbelta como un enfoque multidimensional que abarca un conjunto amplio de herramientas de Gestión, incluidas el Justo a Tiempo, la Manufactura celular, el Kaizen, los sistemas de calidad entre otros, con el fin de generar sinergia en los procesos y trabajar de manera simplificada, buscando generar productos y servicios de alta calidad, al ritmo que el cliente lo requiere con poco o cero desperdicios.

Bajo estos dos conceptos se puede decir que la Manufactura Esbelta marca una pauta en la evolución de los sistemas de producción, y en este sentido **Mann (2005)** hace una comparación que permite entender de manera clara la diferencia en los Sistemas de Producción Tradicionales y los Sistemas de Producción Esbeltos (Ver Tabla 2-4).

### **2.2.3 Principios del Pensamiento Esbelto (Lean Thinking)**

**Womack and Jones (2003)** establecieron cinco principios que se encuentran enmarcados en una filosofía que ellos denominaron como el “Pensamiento Esbelto” (*Lean Thinking*), la cual hacer una extensión del enfoque de Manufactura Esbelta a contextos diferentes, tales como: la Cadena de Suministros (Lean Supply Chain), la Administración (Lean Management), la Gestión de la Calidad

(Lean Seis Sigma), la Construcción (Lean Construction), el Desarrollo de Software (Lean software development), los Sistemas de Salud (Lean Healthcare) y la operación de servicios (Lean Service).

**Tabla 2-4. Sistemas de Producción Tradicional Vs Sistemas de Producción Esbelta**

	Característica	Sistemas de Producción tradicional	Sistemas de Producción Esbelta
<b>Proceso de Mejora</b>	Procedimientos de Trabajo	Variación e ineficiencia debido a la falta de actualización de los procedimientos y falta de cumplimiento de las normas	Actualización y Mejora de los procedimientos y Cultura orientada al Cumplimiento de los procedimientos de trabajos
	Gestión de la Calidad	Control sobre las salidas y baja responsabilidad de las áreas de control y gestión de la calidad	Control sobre la fuente y causas de mala calidad, Filosofía de la Calidad total (TQM) y Seis Sigma, e implementación de sistemas a prueba de errores (Poka Yoke)
	Gestión del Mantenimiento	Predomina el mantenimiento correctivo, con alta responsabilidad de los técnicos encargados	Enfocado en el Mantenimiento Total Productivo (TPM)
	Enfoque del Proceso de Mejora	Centrado en la eficiencia de los recursos y por tanto limita el alcance de los resultados	Visión sistemática de las necesidades de mejora a través del mapa de flujo de valor (Value Stream Mapping VSM)
<b>Planeación y Control de las Operaciones</b>	Objetivo General	Busca la eficiencia maximizando el uso de recursos y el aumento de la producción	Busca la eficiencia y eficacia enfocado en la creación de valor y reducción de desperdicios
	Gestión de Inventarios	Mantiene suficiente inventario para proteger la producción	Reduce los inventarios para evidenciar los problemas de la producción
	Activación de la Producción	Sistemas Empujados (Push) por órdenes de producción y pronósticos de demanda	Sistemas Jalados por la demanda y entrega Justo a Tiempo (JIT)
<b>Configuración Física del Sistema Productivo</b>	Distribución de la Planta Física (Layout)	Limitado a la disposición lineal (por producto) o funcional (Por proceso)	Agrupación de familias de producto para la implementación de celdas de manufactura
	Tipos de Equipamientos	Equipamiento de baja flexibilidad y generan largos tiempos de alistamiento	Equipamiento de alta flexibilidad que incorporan sistemas de alistamientos ágiles (SMED)
	Flujo de Material	Lead Time Largos por falta de conexión entre las etapas del proceso	Proceso con flujo continuo y Lead Time Cortos
	Tamaño de Lote	Lotes grandes calculados a partir del modelo de lote económico (Economic Order Quantity EOQ)	Lotes pequeños y producción de flujos de una pieza (One piece Flow)

Fuente. Adaptado de Mann, D. W. (2005). Creating A Lean Culture: Tools To Sustain Lean Conversions.

El Pensamiento Esbelta busca generar mayores salidas con menos recursos, pero siempre teniendo como objetivo cumplir las necesidades y expectativas de los clientes; por esta razón se habla de una creación de valor tanto para la organización como para los clientes. En este sentido el Pensamiento esbelta se basa en cinco principios que permiten alcanzar tal fin, estos son:

1. **Identificar y Definir el Valor (Value)**, desde la perspectiva del cliente y de la organización
2. **Identificar los Flujos de Valor (Value Stream)**, por producto, proceso o servicio.

3. *Alinear las acciones de la Organización con los Flujos de Valor (Flow)*; lo cual implica rediseñar procesos, productos, áreas de trabajos y transformar la cultura organizacional
4. *Permitir que las necesidades y expectativas del clientes Jalonan (Pull)* procesos de transformación de entradas en salidas
5. *Perseguir la perfección (Perfection)*

Los cuatro primeros principios interactúan dentro de un ciclo virtuoso que hace que la creación de valor; reflejado en: reducción de costos, tiempos, espacio, errores y mejores productos y servicio, se convierta en un proceso dinámico, siendo el último principio, un factor transversal que busca siempre balancear la eliminación de desperdicios (Creación de valor para la organización) con el cumplimiento de las necesidades del cliente (Creación de valor para el cliente); que en algunos casos pueden ser objetivos divergentes.

#### 2.2.4 Los Siete Desperdicios

Teniendo en cuenta que uno de los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es la eliminación de desperdicios, para que esto sea posible, se debe: identificar cuáles son los desperdicios, categorizarlos e implementar herramientas efectivas para su eliminación (**Breyfogle, 2003**). El concepto de “Desperdicio” o “Muda”, como fue nombrado inicialmente, fue desarrollado en la filosofía del Sistema de Producción Toyota, y considera todo tipo de defecto en procesos, servicios o producto, sea de tiempo, material o movimiento. **Ohno (1988)** identificó siete categorías de desperdicio:

1. *Sobreproducción*: productos o salidas generadas por encima de la demanda
2. *Inventarios*: exceso de material e información
3. *Defectos*: productos que no cumplen con las especificaciones
4. *Transportes*: exceso en desplazamiento de productos o trabajo en proceso
5. *Movimientos*: desplazamiento humano innecesario
6. *Procesos*: actividades que no agregan valor o reprocesos
7. *Espera*: tiempo de inactividad o retrasos

**Jones and Womack (2012)** introducen una octava categoría, donde afirman que, buenos productos y servicios que no estén enfocados en las necesidades del cliente, deben ser considerados como desperdicio. Esta nueva categoría integra la eficiencia de los procesos con la creación de valor para

el cliente, lo cual era una falencia en la Filosofía del Sistema de Producción Toyota, razón por la cual, algunas empresas perdieron solidez en el mercado, aun cuando el pasado, esta filosofía los llevo a tener excelentes resultados (**Lewis, 2000**).

### **2.2.5 Herramientas de la Manufactura Esbelta**

Existe una variedad de herramientas que son comúnmente utilizadas en la Manufactura Esbelta, estas tienden a ser complementarias y abordan diferentes problemas, ya que entre sus metas se encuentra: Reducir desperdicios, generar valor agregado, identificar flujos de valor, reducir defectos, reducir costos, crear procesos robustos y mejorar el flujo de valor de los procesos (**Jones and Womack, 2012**). Algunas de estas herramientas se describen a continuación:

**Kaizen:** la palabra “Kaizen” se traduce literalmente del Japonés como mejora continua, y es una filosofía que implica cambios pequeños e incrementales que se desarrollan en cortos periodos de tiempos, pero se sostienen a largo plazo llevando a mejoras sustanciales.

**Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping):** es una herramienta que permite hacer una identificación de los flujos de material, flujos de valor y flujos de información, a través de los procesos, desde los proveedores hasta los clientes. Esta es una herramienta que tiene alta relevancia en la implementación de la Manufactura Esbelta, ya que es la base en el análisis y mejora de los flujo de proceso, entre sus usos se cuenta (**Pyzdek and Keller, 2009**):

- Definir el “Valor” desde la perspectiva del cliente
- Mapea el estado actual y futuro del proceso y sus flujos de valor
- Direcciona la aplicación de otras herramientas para identificar los desperdicios dentro del flujo de valor
- Permite definir planes de transición hacia la mejora
- Permite validar nuevos procesos

**Kanban:** es una herramienta para el control de la producción y sirve como elemento clave para implementar sistemas de producción Jalar (Push). El Kanban fue implementado inicialmente en los sistemas de producción Toyota, y consiste básicamente en un conjunto de tarjetas utilizadas para autorizar el movimiento, producción o suministro de una unidad o un contenedor de unidades estandarizadas (**Slack et al., 2011**). El Kanban puede ser utilizado para:

- Dar instrucciones a la estación o centro de anterior para transferir más unidades de producción
- Ejercer control visual que ayuda a establecer cuáles son las áreas con exceso de producción y falta de sincronización

**Mantenimiento Total Productivo (TPM):** Es una filosofía Japonesa, basada en los conceptos y metodologías del mantenimiento productivo. Fue desarrollado inicialmente por la compañía M/s Nipon Denso Co. Ltda (un proveedor de la empresa Toyota) en el año 1971. Es considerado como un enfoque innovador dentro de la Gestión del Mantenimiento, que optimiza el desempeño de las tecnologías utilizadas en la producción, elimina daños y promueve el mantenimiento autónomo, asignando esta tarea al día a día de las personas encargadas de operar las maquinas.

TPM busca generar un cambio en la mentalidad de los operarios, en cuanto al manejo del mantenimiento, buscando descentralizar dicha función de las áreas tradicionales encargadas para tal fin, e involucrando a todos los miembros de una organización en el aseguramiento de la confiabilidad y funcionamiento de todas las tecnologías de trabajo (**Ahuja and Khamba, 2008**). El TPM es considerado como una estrategia de producción que comprende los siguientes pasos (**Bamber et al., 1999**):

- Maximizar la efectividad de los equipos mediante la optimización de la disponibilidad, rendimientos, eficiencia y calidad del producto
- Establecer una estrategia de mantenimiento preventivo durante todo el ciclo de vida del equipo, que integre: la planificación, los usuarios y las áreas de la organización
- Procurar la participación de todas personas de la organización desde los directivos hasta los operarios
- Promocionar la mejora del mantenimiento a través del desarrollo de actividades en pequeños grupos autónomos

**Cinco S (5S):** es una filosofía Japonesa, enfocada en la práctica diaria y constante de una serie de principios de vida, que pueden ser llevados a diferentes contextos, incluidos el de la Administración. Por esta razón, 5S se ha convertido en una estrategia organizacional enfocada en la mejora continua que se utiliza de manera complementaria con otras herramientas para potencializar sus resultados (**Rod Gapp, 2008**). Los cinco principios de la filosofía son:

- **Clasificación (Seiri) y Orden (Seiton):** estos dos principios contribuyen a la mejora de la eficiencia y eficacia, al reducir la carga de trabajo y errores humanos, a través de la simplificación de los procesos.
- **Limpieza (Seiso) y Normalización (Seiketsu):** a través de estos principios se impulsa la seguridad y el bienestar de las personas en el desarrollo de su labor.
- **Disciplina (Shitsuke):** con este principio se mantienen los cambios y mejoras alcanzadas, con lo cual la filosofía asegura su eficacia.

**Cambios Rápidos (Single minute exchange of die, SMED):** la metodología SMED fue desarrollada por **Shingo (1985)**, y tiene como objetivo reducir y simplificar los tiempos de alistamiento de las maquinas. Otro de los objetivos del SMED, es diseñar procesos de producción flexibles que conlleven a responder de manera mucho más ágil a las fluctuaciones de la demanda y reducir los tiempos de entrega (**Carrizo and Campos, 2011**). La implementación del SMED se lleva a cabo en cuatro fases:

- Fase 1. Identificar los alistamientos externos e internos. Donde, los alistamientos internos hacen referencia a cambios que se hacen con la maquina parada, y los externos con la maquina en marcha.
- Fase 2. Separar los alistamientos internos de los externos.
- Fase 3. Transformar los alistamientos internos en externos.
- Fase 4. Reducir al tiempo mínimo todos los alistamientos

**Manufactura Celular:** la manufactura celular es un concepto de distribución y diseño de plantas, que se caracteriza por crear grupos de tecnologías y disponerlos de tal forma, que facilite el flujo de materiales en la fabricación de una familia de productos; todo esto controlado por una celda (**Conceição, 2005**). Las piezas o productos se agrupan teniendo en cuenta los criterios de: geometría, tipo de material, flujo de proceso, tecnologías de producción entre otros, y para esto se utilizan diferentes métodos analíticos, tales como: Clasificación y codificación, análisis de flujo de fabricación, programación matemática, simulación, algoritmos genéticos y métodos basados en inteligencia artificial (**Reisman et al., 1997**).



**Sistemas Poka Yoke:** los Poka Yokes son métodos de comprobación de errores, enfocados en la minimización de los fallos en los sistemas causados por errores humanos. Es considerado como uno de los métodos más efectivos para garantizar la calidad en el origen (**Chase et al., 2005**).

**Gerencia Visual:** es un elemento clave en los sistemas de producción esbelto, ya que permiten comunicar de forma continua a los líderes y personal de base de la organización; acerca del desempeño real de los procesos. Como herramientas de comunicación se pueden utilizar tablas, gráficos, señales de colores, entre otros, en los cuales se muestran o hace seguimiento a indicadores de Productividad, eficiencia, errores, nivel de cumplimiento, entre otros (**Parry and Turner, 2006**).

## **2.3 LEAN SEIS SIGMA**

### **2.3.1 Definición de Lean Seis Sigma**

**George (2002)** define Lean Seis Sigma como una metodología que maximiza el valor de la organización, mediante la consecución de rápidas mejoras en la satisfacción del cliente, los costos, la calidad, los flujos de procesos y el capital invertido.

**Snee (2010)** define este enfoque como una estrategia de negocio y una metodología que permite aumentar el desempeño de los procesos, lo que impacta positivamente en la satisfacción del cliente y los resultados financieros para la organización.

### **2.3.2 Comparación entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta**

Seis Sigma y Manufactura Esbelta son enfoques que han demostrado una evolución importante y alta efectividad en la solución de problemas en diferentes contextos organizacionales (**Pojasek, 2003**). A pesar de esta situación, es importante resaltar que la mejora de procesos, la eliminación de desperdicios y la reducción de defectos no deberían considerarse como mutuamente excluyentes. Como solución muchas organizaciones han comenzado a implementar las dos metodologías de manera complementaria y simultánea, a tal punto de considerarlas como una estrategia de negocios, con lo cual se busca potenciar los resultados que aporta cada enfoque (**Ronald D. Snee and Hoerl, 2007**) (**Andersson et al., 2006**). En la Tabla 2-5 se presenta una comparación entre los dos enfoques, en el cual se presentan contrastes, aportes y coincidencias, que pueden ayudar a entender de una mejor forma como las dos filosofías contribuyen a los proceso de mejora.

**Tabla 2-5. Comparación entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma**

<b>Enfoque</b>	<b>Manufactura Esbelta</b>	<b>Seis Sigma</b>
<b>Teoría</b>	Eliminación de Desperdicios	Reducción la variabilidad
<b>Metodología</b>	1. Identificar el valor 2. Identificar el flujo de valor 3. Mejorar el Flujo 4. Jalar 5. Buscar la perfección	1. Definir 2. Medir 3. Analizar 4. Mejorar 5. Controlar
<b>Enfocado en...</b>	Flujos de proceso	Problemas en los procesos
<b>Supuestos</b>	- La eliminación de los desperdicios mejora el desempeño organizacional - Es mejor pequeñas mejoras que cambios grandes	- Siempre existen problemas en los procesos - Los procesos deben ser medidos - Las salidas de los procesos mejoran a medida que se reduce la variación
<b>Efecto primario</b>	Reducción de los tiempos de flujo o tiempos de ciclo	Uniformidad en las salidas del proceso
<b>Efecto secundario</b>	Menos Residuos, Menos inventarios, mayores tasas de producción y mejoras en la calidad	Menor variación en los procesos, menos inventarios y mejoras en la calidad
<b>Desventajas</b>	- Los métodos estadísticos no son valorados - La formación del personal puede requerir mucho tiempo	- Falta de enfoque sistémico - Falta interacción entre diferentes áreas

Fuente. Adaptado de Pojasek, R. B. (2003). Lean, Six Sigma, and the systems approach: Management initiatives for process improvement

**Antony (2011)** hace un análisis entre las similitudes y diferencias de los dos enfoques para la mejora de procesos, entre las similitudes destacan las siguientes:

- Centrados en procesos;
- Se requiere del apoyo de la dirección para el éxito, especialmente en la infraestructura y asignación recursos para generar cambios en la cultura de la organización;
- Puede ser implementados en el contexto de la manufactura y fuera de ella;
- Se centran en las necesidades del cliente, y a partir de allí definen procesos de mejora;
- La ejecución de sus iniciativas es llevada a cabo por equipos multidisciplinarios;
- Se pueden complementar con otras prácticas de Gestión, lo cual ofrece un medio global para la transformación de la organización, de un caos a la excelencia operacional.

Como diferencias entre los dos enfoques plantea lo siguiente:

- Los expertos en Seis Sigma requieren de un entrenamiento más intensivo;
- Seis Sigma requiere de una mayor inversión de recursos en comparación con la Manufactura Esbelta;

- La Manufactura Esbelta se utiliza fundamentalmente para abordar problemas relacionados con la eficiencia de los procesos, mientras que Seis Sigma se utiliza principalmente para hacer frente a problemas de calidad;
- Seis Sigma se enfoca en eliminar los defectos en los procesos, pero no aborda problemas de optimización de flujo en los procesos, como si lo hace la Manufactura Esbelta.

### 2.3.3 Integración Seis Sigma y Manufactura Esbelta

Diversos autores han definido la integración de Seis Sigma y Manufactura Esbelta en uno nuevo enfoque que algunos denominan “*Lean Seis Sigma*” o “*Lean Sigma*”, a continuación se presenta un revisión literaria.

Para **George (2002)** la implementación de Lean Seis Sigma como estrategia de negocios se debe dar en cuatro fases:

- Primero, se debe hacer un ejercicio de planeación estratégica, donde, las directivas participan en la definición de objetivos financieros y operacionales de largo plazo, crean una visión de futuro, promueven una cultura adecuada y se comprometen en la formación del liderazgo en Lean Seis Sigma.
- En Segundo lugar, se deben seleccionar los recursos, definir proyectos y formar al personal en las metodologías y herramientas de Lean Seis Sigma.
- Tercero, se debe desarrollar, implementar y hacer seguimiento a proyectos de mejora, donde al comienzo es indispensable el asesoramiento por parte de expertos.
- Por ultimo, desplegar Lean Seis Sigma en toda la organización y desarrollar capacidades internas para ejecutar continuamente proyectos de mejora.

**Pojasek (2003)** propone el enfoque sistémico para coordinar la implementación de Seis Sigma y Manufactura Esbelta de forma simultánea. A través de este enfoque, la ejecución y supervisión de proyectos Lean Seis Sigma se puede llevar a cabo a través de gestores, que pueden incluir tanto expertos en el tema de Seis Sigma como de Manufactura Esbelta. Adicionalmente, el autor resalta la dificultad existente al momento de hacer seguimiento a la mejora, teniendo en cuenta que tanto Seis Sigma como Manufactura Esbelta utilizan herramientas diferentes para tal fin, por esta razón, establece como solución el uso del modelo de puntuación Baldrige.

**Brett and Queen (2005)** proponen una metodología Lean Seis Sigma para mejorar los procesos de gestión y flujo de información dentro, a través y fuera de las organizaciones. Para esto utilizan herramientas de la Manufactura Esbelta para aumentar la velocidad de los flujos de información, reducir los desperdicios y simplificar los procesos, y metodológicamente utilizan como base el DMAIC de Seis Sigma para mejorar la calidad de la información y tener una articulación con las necesidades del cliente. Los autores afirman que a través de la “Anidación” entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta se obtienen mejores resultados, comparado a si se trabajara por separado con cada uno de los enfoques.

**Arnheiter and Maleyeff (2005)** establecen que una organización que implementa Lean Seis Sigma, debe tomar de cada enfoque tres principios que se deben complementar para lograr resultados sostenibles. Por un lado la Manufactura Esbelta impulsa la generación de valor agregado, la búsqueda de mejoras globales más que locales y crea un sistema de gestión de toma de decisiones enfocada en el cliente. Por otro lado, Seis Sigma aporta metodologías estructuradas que basan las decisiones en datos y no en concepciones subjetivas, promueve el mejoramiento de la calidad y la formación de personal especializado para el desarrollo de proyectos de mejora.

Una orientación para seleccionar la mejor estrategia a la hora de llevar a cabo mejora de procesos de negocios es presentada por **Bendell (2006)**, en ella establece que no siempre es necesario implementar de manera simultánea Manufactura Esbelta y Seis Sigma. Antes de tomar una decisión siempre se debe revisar cual el problema real que la organización enfrenta, ya que, si no se tiene claridad del problema y no se utilizan las herramienta más adecuada para enfrentarlo, se puede perder la perspectiva del problema. Pero, si al final es necesario implementar los enfoques de Manufactura Esbelta y Seis Sigma de manera simultánea, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos claves:

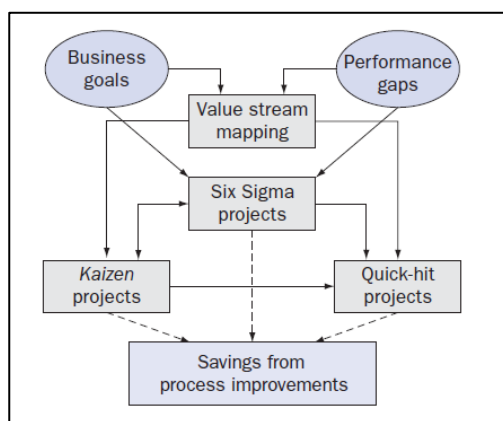
- Deben ser iniciativas creadas desde una perspectiva estratégica para la organización;
- Debe integrar los sistemas, los procesos y las personas;
- Debe ser procesos incluyentes y participativos;
- Centrados en resultados;
- Basados en mediciones y herramientas adecuadas;
- Deben articular la formación integral con la implementación.

**Dahlgaard and Dahlgaard-Park (2006)** hacen un gran énfasis sobre la importancia que tiene el desarrollo de una cultura basada en la Excelencia Operacional para lograr el éxito en la implementación y integración de los enfoques. Para ellos la Excelencia Operacional es el resultado de la construcción de la calidad en: Personas (Competencias, principios y valores), Asociaciones entre personas, Procesos, Productos y Servicios; pero resaltan que la consecución de la calidad en los dos primeros elementos es fundamental para garantizar la obtención de resultados en procesos y productos.

Un enfoque holístico para la integración de las dos filosofías es propuesto por **Snee and Hoerl (2007)**, en este proponen como metodología base para la solución de problemas el DMAIC de Seis Sigma, y para definir acciones de mejora, herramientas tanto de la Manufactura Esbelta como de Seis Sigma (ver Figura 2-6). Adicionalmente, proponen la implementación de un sistema de gestión de proyectos, a través del cual, se identifiquen, seleccionen y administren los proyectos de mejora, que se derivan de los objetivos estratégicos, de las brechas de desempeño identificadas en la organización y del análisis de los flujos de valor. Este sistema clasifica tres tipos de proyectos:

1. **Proyectos de impacto inmediato:** acciones de mejora que se implementan de forma inmediata
2. **Proyectos Kaizen:** acciones de mejora implementadas en máximo 30 días
3. **Proyectos Seis Sigma:** proyectos de mejora que se desarrollan en un lapso de 4 a 6 meses

**Figura 2-6. Enfoque Holístico para la Selección de Proyectos Lean Seis Sigma**



Fuente. Snee, Ron D., & Hoerl, R. W. (2007). Integrating Lean and Six Sigma - a Holistic Approach.

**Salah et al., (2010)** proponen un enfoque de integración en el cual la Manufactura Esbelta proporciona el marco estratégico para identificar las áreas claves de mejora y Seis Sigma aporta su metodología estructurada orientada a proyectos que conduce a la organización al estado deseado .

**Silva et al., (2011)** hace un análisis de cómo algunas fábricas de autopartes han logrado integrar los enfoques de Seis Sigma y Manufactura, según ellos la integración se debe llevar a cabo desde cuatro dimensiones:

- **Organización:** se deben crear una estructura interna que coordine el desarrollo de proyectos Lean Seis Sigma
- **Orientación:** se debe promover la participación activa de todos los entes de la organización, y este sentido los autores proponen crear una figura directiva que lidere todo el proceso en la organización
- **Medio Ambiente:** se debe promover un ambiente de mejora continua en la organización, que integre los elementos culturales tanto de Seis Sigma como de Manufactura Esbelta
- **Métodos de Mejora:** el marco metodológico para la solución de problemas debe ser flexible, ya que la complejidad y características del problema pueden variar de un problema a otro. Por tanto, se debe contar con diversos enfoques metodológicos para abordar proyectos de mejora.

Teniendo en cuenta la situación macroeconómica, de mercado, regulatoria y cultural a nivel mundial, **Maleyeff, Arnheiter, & Venkateswaran (2012)** Plantean cuatro áreas claves sobre las cuales debe evolucionar la perspectiva actual de Lean Seis Sigma:

- **La definición de “Valor”:** en este sentido los autores proponen que se deben considerar aspectos de desempeño de largo plazo más que de corto plazo, lo cual, en algunos casos llevaría a la consideración de factores intangibles, cuyo impacto financiero es difícil de cuantificar, pero garantizaran la sostenibilidad de la organización a largo plazo.
- **Los Factores Riesgo:** en la actualidad las operaciones globales, los mercados y el aumento de los Stakeholders, hacen que la incertidumbre en los sistemas de producción y cadenas de suministro aumenten de manera considerable, por esta razón los procesos de mejora deben considerar de una forma amplia todos los factores riesgo.

- **Los Marcos Regulatorios:** hoy en día las organizaciones se ven afectadas por los marcos regulatorios de los países donde operan o con los cuales tienen algún tipo de relación comercial. Por esta razón, los autores proponen que dentro de la metodología se deben considerar los aspectos regulatorios, para que los procesos de mejora no queden fuera de contexto y sea inaplicables. Por otro lado, se debe tener en cuenta que este sería un factor de riesgo específico, dado que las regulaciones son cambiantes a lo largo del tiempo.
- **Las consideraciones de la Fuerza Laboral:** factores como la motivación, el clima laboral, la cultura organizacional, la vocación hacia la innovación y la gestión del conocimiento en las personas, entre otras, deben ser un factor clave para desplegar la estrategia de Lean Seis Sigma en organizaciones de clase mundial.

**Assarlind et al., (2012)** hacen un estudio empírico basado en casos reales y revisiones teóricas, en el cual concluyen que aunque Lean Seis Sigma es un enfoque que genera buenos resultados, no siempre es un enfoque práctico para la mejora de procesos. Por esta razón, proponen que se debe hacer un análisis previo del problema antes de decidir el enfoque que se debe asumir: Seis Sigma, Manufactura Esbelta o Lean Seis Sigma. En este sentido encontraron que: para problemas complejos en los cuales se desconocía la solución y requerían un gran esfuerzo algunas empresas utilizaron solo el enfoque DMAIC de Seis Sigma, para problemas de menor complejidad que requerían acciones rápidas utilizaron el enfoque de Manufactura Esbelta, pero para problemas que requerían tanto la eliminación de desperdicios y defectos a la vez optaron por un enfoque integrado.

## 2.4 CONCLUSIONES DEL MARCO TEORICO

Si bien los autores presentan diferentes propuestas metodológicas y conceptuales para la integración de Seis Sigma y Manufactura, se pueden identificar algunas coincidencias y factores claves para la implementación de Lean Seis Sigma, algunos de estos son:

- La integración de los enfoques debe partir de una iniciativa estratégica, en el cual el compromiso de la dirección es clave.
- Se requiere del compromiso y la participación de todo el personal de la organización para impulsar procesos de mejora.
- Por el origen y las bases conceptuales de cada enfoque, la integración Seis Sigma y Manufactura Esbelta debe darse como un proceso de complementación en el cual cada uno

aporta elementos claves para la mejora de los procesos. Este sentido, Seis Sigma proporciona la base metodológica (DMAIC) para estructurar y desarrollar proyectos de mejora, y Manufactura Esbelta aporta herramientas para implementar las acciones que conlleven a la mejora de los procesos

- Su implementación requiere un cambio en la cultura organizacional que conlleve a la excelencia operacional
- La formación de los expertos en la mejora de proceso de incluir elementos tanto Seis Sigma como de Manufactura Esbelta, a través del cual se desarrollen competencias de conocimientos, habilidades, actitudes y aptitudes
- Los proyectos de mejora deben estar alineados con la estrategia de la organización, las necesidades de los Stakeholders y las tendencias globales del mercado, los marcos regulatorios y aspectos culturales de cada contexto geográfico.



### **3 CAPITULO III: ENFOQUE METODOLOGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SEIS SIGMA EN PYMES**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

En el capítulo anterior se presentó todo el marco teórico que servirá como base para comprender el enfoque Lean Seis Sigma (En adelante LSS); su evolución, principios y los factores claves para la integración entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta. En este capítulo, se presenta primeramente una revisión de los factores críticos, modelos y metodologías planteadas para la implementación de Seis Sigma y LSS en Pymes, a partir de la cual se identificarán elementos claves de convergencia para desarrollar una nueva metodología que aborde los factores críticos de implementación de una forma integral. En la segunda parte del capítulo se presenta el enfoque metodológico que se utilizará para la implementación de LSS en Pymes, que adelante se llamará **LESEPYMES**, y en la tercera parte se presentará la definición de cada uno de los elementos que lo componen, las actividades específicas que se deben llevar a cabo, las herramientas a utilizar y los resultados derivados de cada una de las actividades.

#### **3.2 LEAN SEIS SIGMA EN PYMES**

LSS es un enfoque que ha tenido gran difusión y popularidad en la última década, tanto en el contexto empresarial como académico, por los excelentes resultados que ha demostrado tener en grandes y reconocidas empresas a nivel mundial. Esto ha hecho, que empresas medianas y pequeñas también adopten estos enfoques para llevar cabo procesos de mejora en sus organizaciones. Pero cabe resaltar, que a pesar de haber generado beneficios en estas organizaciones, también han enfrentado dificultades al momento de implementarlo, lo que se ha visto reflejado en: la falta de compromiso de la dirección con la implementación, retrasos en la ejecución de los proyectos, planteamiento de soluciones no factibles, proyectos no terminados, bajo cumplimiento de los objetivos, bajo nivel de implementación en las mejoras propuestas (**Antony et al., 2007**) (**Timans et al., 2011**).

Por esta razón, investigadores y expertos en el tema han realizado estudios para tratar de identificar cuales son factores críticos en la implementación de LSS en Pymes, lo cual se convierta en la base

para plantear: modelos, metodologías y estrategias, para facilitar su implementación y mejorar los resultados. En la Tabla 3-1 se presenta un resumen de algunos estudios realizados.

**Tabla 3-1. Factores críticos para la implementación de Lean Seis Sigma en Pymes.**

Factores Críticos	Autor				Nivel de Coincidencia
	Antony et al. (2007)	Timans et al. (2011)	Sharma and Chetiya (2012)	Desai et al. (2012)	
Compromiso de la dirección	X	X	X	X	4
Cultura organizacional	X	X	X	X	4
Formación para LSS	X	X	X	X	4
Enfoque al cliente	X	X	X	X	4
Alineación estratégica	X	X	X	X	4
Conocimiento de LSS	X	X	X	X	4
Habilidades en la gestión de proyectos	X	X	X	X	4
Priorización y selección de proyectos	X	X	X	X	4
Medición de los procesos	X	X	X	X	4
Estandarización de Proceso		X	X		2
Liderazgo		X		X	2
Compromiso de las personas	X				1
Vinculación de proveedores	X				1
Estructura organizacional			X		1
Planeación de LSS			X		1
Comunicación		X			1

Fuente. Elaboración propia

Si bien cada estudio presenta algunas diferencias en los factores críticos y las problemáticas en las Pymes, también se pueden observar convergencias de los cuatros autores en los siguientes aspectos:

- Lo fundamental que es el compromiso y la participación de la dirección en la implementación de LSS en cualquier tipo de organización y no solo en las Pymes;
- El cambio cultura como un punto de partida para que las mejoras puedan ser implementadas;
- La articulación con las necesidades del cliente que debe tener toda iniciativa de mejora de la calidad y la productividad;
- Todos los programas de mejora sea LSS, Administración total de la calidad o ISO 9001, deben estar articulados con la estrategia de la organización;
- Los directivos deben tener un amplio conocimiento de LSS, sus beneficios e implicaciones, antes de emprender su implementación, esto con el fin de evitar falsas concepciones y expectativas con respecto a la metodología;
- Teniendo en cuenta LSS en un enfoque orientado a proyectos, se deben desarrollar las competencias y capacidades para la gestión de los mismos. Adicionalmente, se deben

- identificar y seleccionar proyectos claves, los cuales tengan un alto impacto en el cliente y la estrategia, esto con el fin de evitar el desperdicio de recursos;
- Se deben establecer procesos de medición en toda la organización, con el fin de tener un conocimiento real sobre su desempeño, y a partir de allí identificar áreas claves de mejora.

Teniendo en cuenta que la implementación de LSS no solo se limita a: la formación de personal, la aplicación de la metodología DMAIC y el uso de algunas herramientas estadísticas para el desarrollo de proyectos, expertos en el tema han desarrollado metodologías y modelos que buscan dar respuesta a los factores claves de éxito en la implementación de LSS, no solo en Pymes si no en cualquier tipo de organización, independiente de su tamaño o actividad. A continuación se presenta una breve descripción de algunas metodologías y modelos.

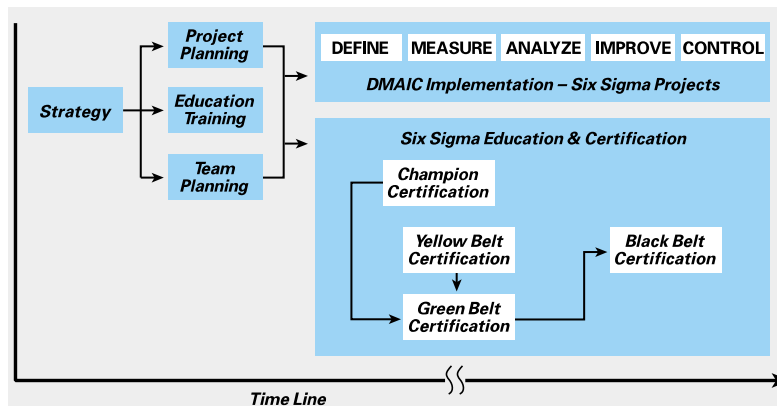
**Burton (2004)** plantea un modelo para la implementación de Seis Sigma en Pymes, con el busca reducir el gran esfuerzo que deben hacer las organizaciones, en tiempo y recursos, para poder implementar este tipo de enfoques. El modelo consta de cuatro pasos básicos: primero la definición de la estrategia Seis Sigma, la cual debe estar alineada con la estrategia de la organización y las necesidades de los clientes; en segundo lugar, una planeación general de los proyectos donde se definan objetivos, enfoques, necesidades, recursos, planes de trabajo, equipos, alcances, procesos, entre otros; en tercer lugar la formación y planeación de los equipos de trabajo; y por ultimo la ejecución de los proyectos.

Uno de los aportes fundamentales del modelo, es su esquema de formación, que permite llevar gradualmente a las personas desde un nivel de conocimientos básicos en Seis Sigma (Yellow Belt) hasta un nivel de avanzado o experto (Black Belt), esto permite reducir los costos de formación y aumenta la efectividad en la formación de los equipos de trabajo. Entre las falencias del modelo esta el no plantear actividades para lograr el sostenimiento del programa a largo plazo. En la Figura 3-1 se muestra un esquema del modelo.

**D. Thomas (2006)** plantea una metodología que sirve como guía, a los gerentes de las pequeñas y medianas empresas, para implementar Seis Sigma (ver Figura 3-2). Uno de los aspectos fuertes de la metodología es que ofrece un abanico de opciones para desarrollar la formación en Seis Sigma tanto para la gerencia (Champions) como para los equipos de trabajo (Master Black Belt, Black Belt y Green Belt), lo cual permite que las organizaciones puedan adaptar los planes de formación a sus

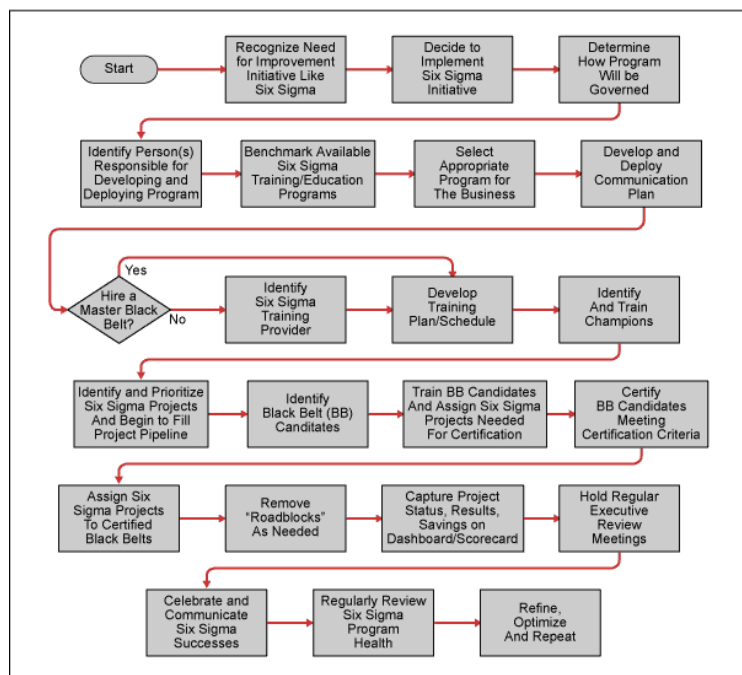
necesidades y recursos. Adicionalmente, plantea actividades claves para evaluar, ajustar, retroalimentar y mejorar el desarrollo de los programas Seis Sigma, lo cual es fundamental para lograr su sostenimiento a largo plazo. Dentro de las falencias se tiene la falta de un procedimiento para la identificación, selección y desarrollo de proyectos; lo cual disminuya la complejidad y tiempo de ejecución de los mismos.

**Figura 3-1. Modelo para la Implementación de Seis Sigma en Pymes de Terence Burton**



Fuente. Burton, T.T., Sams, 2004. Six sigma for small and mid-sized organizations success through scalable deployment.

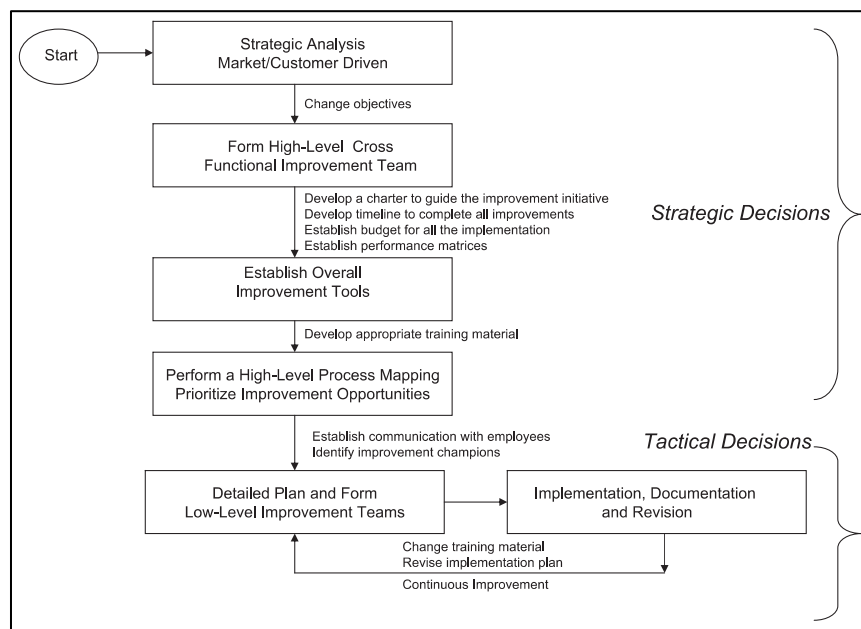
**Figura 3-2. Metodología de Debra Thomas para el Desarrollo de Programas Seis Sigma en Pymes**



Fuente. Thomas, D., 2006. What Small Business CEOs Must Know to Start Six Sigma.

**Chakravorty (2009)** propone un modelo compuesto de seis (6) pasos donde establece que toda organización que desee implementar Seis Sigma debe iniciar con un análisis estratégico basado en el mercado y los cliente; en segundo lugar la organización debe seleccionar un equipo de alto nivel para liderar la implementación; en tercer lugar se deben seleccionar las herramientas y enfoques de mejoras que acompañaran la implementación, acompañado de una apropiada formación de los equipos de trabajo; en cuarto lugar se deben seleccionar las oportunidades de mejora, áreas y procesos críticos, y a partir de allí, identificar y seleccionar proyectos claves; en quinto lugar esta el desarrollo un plan detallado para la ejecución de cada proyecto; y por ultimo se pasa a la ejecución de los proyectos, su revisión y ajuste de ser necesario (ver Figura 3-3). Una de las falencias del modelo es que no propone alternativas, en los cinco primeros pasos, para reducir los costos, tiempos y recursos que conlleva la implementación de este modelo en una Pyme, lo cual es clave, ya que en estas empresas estos recursos son mas limitados que en las grandes empresas.

**Figura 3-3. Modelo de Chakravorty para la Implementación de Seis Sigma.**

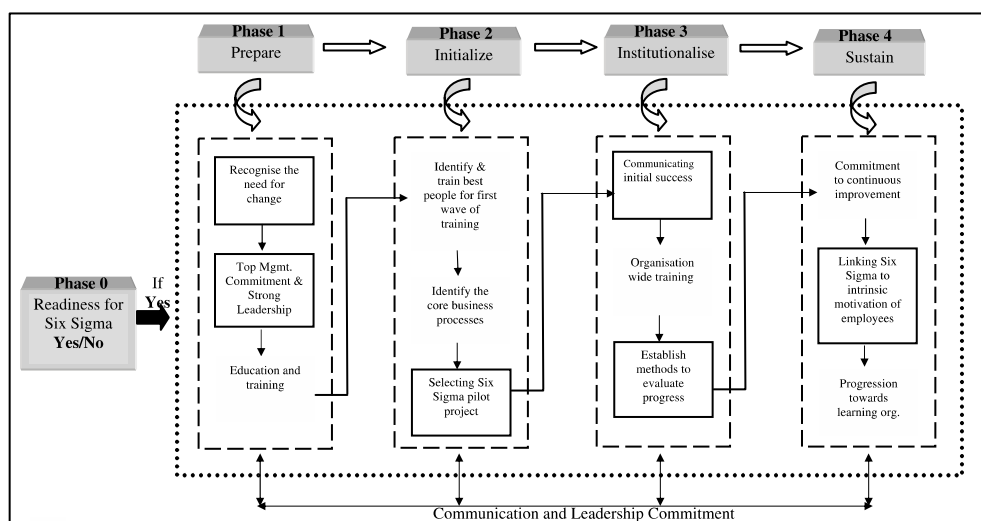


Fuente. Chakravorty, S.S., 2009. Six Sigma programs: An implementation model.

**Kumar et al., (2011)** Desarrollan un marco lógico para la implementación de Seis Sigma en Pymes, el cual está compuesto de 12 pasos divididos a su vez en 5 fases (ver Figura 3-4). Este marco brinda una guía paso a paso, para que las organizaciones puedan implementar Seis Sigma desde cero, permitiendo la integración con la estrategia de la organización y garantizando sus resultados a largo plazo. Entre los factores claves de éxito: la integración con los objetivos estratégicos de la

organización, definir objetivos medibles, el liderazgo, la formación del personal y establecimiento de una cultura adecuada para implementar Seis Sigma. Aunque la metodología propone estrategias puntuales para desplegar un programa Seis Sigma en Pymes, carece un de un procedimiento claro ejecutar los proyectos.

**Figura 3-4. Metodología de Kumar et al Para Implementar Seis Sigma en Pymes.**



**Fuente.** Maneesh Kumar, Jiju Antony & M.K. Tiwari (2011): Six Sigma implementation framework for SMEs – a roadmap to manage and sustain the change.

Gnanaraj et al. (2012) Proponen un modelo para implementar LSS en Pymes. El modelo es denominado DOLADMAICS (Acronimo de las palabras Deficiency, Overcoming, Lean Anchorage, Define, Measure, Analize, Improve, Control and Stabilise) y permite la implementación de LSS en 5 niveles. Toma como base la metodología DMAIC de Seis Sigma, y aporta dos fases iniciales de identificación de debilidades y desperdicios a ser eliminados, y al final agrega una fase de estabilización para garantizar el mantenimiento de los resultados a lo largo del tiempo. En este modelo no toma en cuenta factores críticos como: el compromiso de la dirección, la formación en Lean Seis Sigma y la identificación y selección de proyectos LSS.

### **3.3 ANALISIS DE LOS MODELOS E IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS CLAVES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SEIS SIGMA EN PYMES**

Cada uno de los modelos y metodologías planteados anteriormente tienen como objetivo básico; entregar un guía paso a paso que permita a las empresas implementar Seis Sigma o LSS de forma

correcta y sistemática, teniendo en cuenta la experiencia de los investigadores y los factores claves para la implementación de un programa de este tipo.

Cada uno de los modelos presenta una metodología diferente; en unos casos dando mayor énfasis en el tema de la formación para LSS como lo hace **D. Thomas (2006)** y **Burton (2004)**; o en la planeación y alineación estratégica de LSS como lo hace **Chakravorty (2009)** y **Kumar et al., (2011)**, o en el planteamiento de una metodología paso a paso para identificar y desarrollar proyectos como lo establece **Gnanaraj et al. (2012)**. A pesar de estas diferencias, si hace un análisis general se podrá observar que cada uno de los modelos se pueden resumir en cuatro fases:

1. **Preparación:** en esta fase cada uno plantea actividades que buscan crear en las organizaciones las condiciones mínimas necesarias para implementar con éxito los programas LSS. En la mayoría de los modelos esta fase incluye: la planeación y alineación estratégica; el análisis del mercado y las necesidades de los clientes; la formación y capacitación de los equipos; el establecimiento de medidas de desempeño de los procesos; la comunicación del plan; y el análisis de los procesos.
2. **Identificación:** después de la preparación, los modelos proponen que debe haber una identificación de oportunidades de mejora, a través de la identificación de problemas de calidad, áreas claves y procesos claves, los cuales conlleven a la identificación, priorización y selección de los proyectos que serán ejecutados.
3. **Ejecución:** luego que se han seleccionado los proyectos, cada modelo plantea la ejecución de los mismos, los cuales están basados en la metodología DMAIC de Seis Sigma, sobre la cual pueden hacerse adaptaciones, como lo propone **Gnanaraj et al. (2012)**, con lo cual se busca facilitar el desarrollo de proyectos en una Pyme.
4. **Evaluación:** por último, buscando la sostenibilidad y mejoramiento continuo de los programas LSS, los modelos (Excepto el planteado por Burton) proponen que se debe hacer una evaluación, revisión y retroalimentación, con lo cual se puedan identificar lecciones aprendidas y oportunidades de mejora, que sirvan como base para tomar decisiones, hacer ajustes y mejorar la forma en como se gestionan los programas y se ejecutan los proyectos LSS.

En la Tabla 3-2 se presenta un resumen de las actividades que propone cada modelo o metodología, con respecto a las fases que se identificaron anteriormente. Esto servirá como base para la estructuración de la metodología que se plantea en este trabajo de investigación.

**Tabla 3-2. Comparación de las Metodologías y Modelos para Implementar Lean Seis Sigma**

Fases Actividades	Autores				
	Burton (2004)	D. Thomas (2006)	Chakravorty (2009)	Kumar et al., (2011)	Gnanaraj et al. (2012)
<b>Fase 1. Preparación</b>					
Compromiso de la dirección		X		X	
Definir la estrategia	X	X	X	X	
Necesidades del Cliente	X	X	X	X	X
Formación	X	X	X	X	
Sistemas de Medición		X	X		
Estandarización de Procesos			X		X
Comunicación		X	X	X	
<b>Fase 2. Identificación</b>					
Áreas de mejora		X	X	X	X
Proyectos	X	X	X	X	
Equipos de trabajo	X	X	X	X	
Planeación de proyectos	X	X	X		X
<b>Fase 3. Ejecución</b>					
Proceso para desarrollo de proyectos		X			X
Herramientas Estadísticas	X		X		X
Herramientas Lean	X		X		X
<b>Fase 4. Evaluación</b>					
Evaluación		X	X	X	X
Retroalimentación		X	X	X	X
Revisión de la estrategia			X		
Lecciones aprendidas		X		X	
Comunicación de resultados		X		X	

Fuente. Elaboración Propia.

### 3.4 ENFOQUE METODOLOGICO PROPUESTO - LESEPYMES

El planteamiento de una nueva metodología para implementar programas LSS en Pymes, surge de los requerimientos que exige este tipo de enfoques para ser desarrollados con éxito en cualquier tipo de organización. En este sentido, cada una de las fases de la metodología que se propone, esta basada en el análisis de los modelos y metodologías, que se hizo anteriormente, y que busca dar respuesta a los factores críticos de implementación de LSS en Pymes. Por tanto, en cada fase también se plantean una serie de actividades y herramientas que soportan el despliegue de LSS y permiten superar de algún modo las dificultades que han enfrentado otras organizaciones al implementarlo. En la Tabla 3-3 se presenta una justificación y soporte a la propuesta metodológica.



**Tabla 3-3. Justificación y Soporte de la Metodología LESEPYMES**

<b>Elementos</b>	<b>Justificación</b>	<b>Factores Críticos que Aborda</b>
<b>Metas y Objetivos Estratégicos</b>	Es el referente estratégico para el direccionamiento y enfoque de los programas LSS.	- Alineación Estratégica - Compromiso de la Dirección
<b>Fase 1. Preparación</b>	En esta fase se crean las condiciones mínimas necesarias para implementar con éxito programas LSS en Pymes.	- Alineación Estratégica - Compromiso de la Dirección - Infraestructura Organizacional - Formación para LSS - Medición de los Procesos - Alineación con la “Voz del Cliente”
<b>Fase 2. Identificación</b>	Permite priorizar los proyectos claves que dan cumplimiento a las metas y objetivos estratégicos, en lo referente a LSS. Con esto se focalizan los esfuerzos, buscando obtener los mayores beneficios con un uso racional de los recursos.	- Alineación Estratégica - Alineación con la “Voz del Cliente” - Priorización de los proyectos LSS
<b>Fase 3. Ejecución</b>	A través del planteamiento de esta fase se da una guía clara y precisa para ejecutar y hacer seguimiento a los proyectos LSS.	- Conocimiento de la Metodología DMAIC - Correcto uso de las herramientas de estadísticas y no estadísticas
<b>Fase 4. Evaluación</b>	Con esta fase se busca verificar el impacto de la implementación de LSS, con el fin de brindar retroalimentación, levantar lecciones aprendidas y mejorar continuamente en la ejecución de proyectos y la implementación en general.	- Compromiso de la Dirección - Impacto de los proyectos de LSS
<b>Cultura de Mejora Kaizen</b>	Es el “Motor” en la implementación de LSS, ya que, impulsa en toda la organización, el compromiso con el mejoramiento continuo, pero, de una forma incremental.	- Infraestructura Organizacional
<b>Liderazgo enfocado en la mejora</b>	Es el elemento catalizador de todas la acciones que se emprendan, el liderazgo es indispensable para persuadir, involucrar y comprometer a todo el personal con cualquier iniciativa orientada a la mejora continua.	- Compromiso de la Dirección - Infraestructura Organizacional

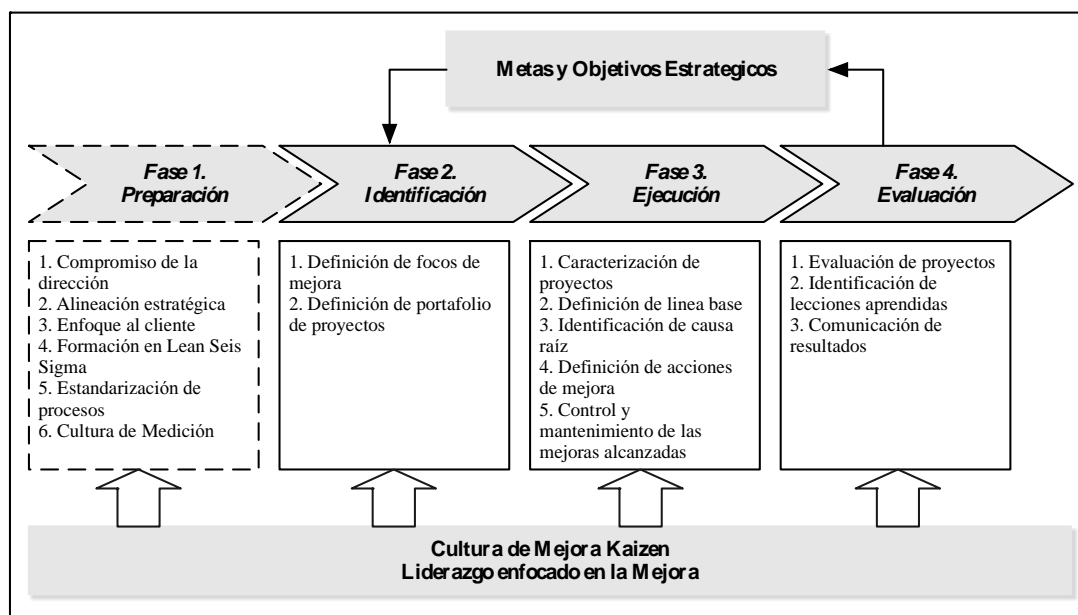
Fuente. Elaboración Propia (2012)

El enfoque metodológico que se propone está compuesto de cuatro fases, que en su orden son: Preparación, Identificación, Ejecución y Evaluación, todo esto soportado en una cultura de mejora kaizen y un liderazgo enfocado en la mejora continua, y cuya retroalimentación y dinamismo está impulsado por la visión, misión, los cambios en el entorno (competencia del mercado, marco regulatorio, necesidades de los cliente, entre otros factores) y la estrategia de la organización. La integración e interacción de estos elementos de forma sistemática, permite llevar a una organización, mediana o pequeña, a introducir; desplegar; implementar y alcanzar los objetivos deseados bajo el enfoque LESEPYMES (ver Figura 3-5).

Las estructura, características y elementos de LESEPYMES toma en cuenta aquellos aspectos críticos, propios de las Pymes, los cuales limitan el éxito de la implementación de este tipo de

enfoques. Algunos de estos aspectos son (**Jiju Antony et al., 2005b**) (**Maneesh Kumar et al., 2009**) (**Timans et al., 2011**) (**Sunil Sharma, 2012**): Alineación Estratégica; Compromiso de la Dirección; Infraestructura Organizacional; Formación para LSS; Medición de los Procesos; Alineación con la “Voz del Cliente”; Priorización de los proyectos LSS; Conocimiento de la Metodología DMAIC; Correcto uso de las herramientas de estadísticas y no estadísticas; Impacto de los proyectos de LSS.

**Figura 3-5 .Propuesta metodológica para la implementación de LSS en Pymes**



Fuente. Elaboración propia (2012)

### 3.5 METAS Y OBJETIVOS ESTRATEGICOS

Las metas y objetivos es lo que primero debe plantear una organización antes de emprender la implementación de LESEPYMES. Este componente le da sentido y razón de ser a lo que se está haciendo a través de los proyectos, establece un norte y horizonte común, a partir del cual se puede construir una base sólida para el despliegue de LESEPYMES en toda la organización. Las metas y objetivos estratégicos se pueden observar en la parte superior de la Figura 3-5 y se pueden plantear desde las siguientes perspectivas:

- El Aumento de la Productividad y Competitividad
- La Excelencia Operacional

- La Generación de Valor Agregado para los Clientes

Para cada una de estas perspectivas la organización debe definir variables, factores e indicadores, con lo cual se puede conocer situación actual, y a partir de allí definir la meta que desea alcanzar. De alguna forma, las metas y objetivos deben verse reflejadas en los elementos de la planeación estratégica de la organización.

### **3.6 ELEMENTOS TRANSVERSALES**

Los Elementos Transversales en el marco metodológico son el motor para el despliegue de LESEPYMES en la organización, se puede decir que son elementos de la cultura organizacional que garantizan el avance y la continuidad; para que ello no se convierta en un proceso intermitente con esfuerzos aislados, y cuya responsabilidad recaiga solo en el líder de despliegue. Este elementos se puede observar en la parte inferior de la Figura 3-5, y su descripción se presenta a continuación.

#### **3.6.1 Cultura de Mejora Continua Kaizen**

La resistencia al cambio es uno de los grandes retos que enfrentan las organizaciones cuando se llevan a cabo proyectos LSS, por esta razón es necesario lograr que las personas incluyan dentro de su rutina diaria el componente de mejora continua Kaizen, que busca introducir cambios pequeños y graduales de forma constante, en vez de, grandes cambios proyectados en largos periodos de tiempo, los cuales pueden generar una alta resistencia en las personas involucradas (**Laraia et al., 1999**). Al final lo que se busca es lograr en las personas una adaptación a los procesos de cambio organizacional. La cultura de mejora Kaizen garantiza que los cambios que se plantean en el desarrollo de proyectos LSS puedan ser implementados de manera efectiva con la menor resistencia.

#### **3.6.2 Liderazgo Enfocado en la Mejora**

El cambio y la mejora en la organización requieren un gestión constante y efectiva, ya que por un lado las personas necesitan ser motivadas constantemente para generar cambios positivos y conseguir resultados, pero en esto tiene un gran responsabilidad el líder, ya que es la persona encargada de llevar a cabo este proceso, impulsando en la organización la cultura de la mejora continua, desde la planeación hasta la ejecución. Este componente, permite que las mejoras

propuestas en un proyecto LSS sean planificadas y ejecutadas de forma adecuada, garantizando la consecución de resultados.

### **3.7 FASE 1. PREPARACIÓN**

En esta fase la organización debe emprender una serie de acciones que garanticen el cumplimiento de aquellas características o condiciones necesarias para implementar con éxito la metodología LESEPYMES. Con esto, se busca crear en las organizaciones medianas y pequeñas, las condiciones mínimas necesarias para desarrollar con éxito proyectos LSS, una descripción detallada de cada una de las condiciones necesarias se suministrará a continuación.

#### **3.7.1 Compromiso de la Dirección**

El compromiso de la dirección es clave dentro de todo el proceso, ya que es el único que puede garantizar la continuidad en el despliegue de LESEPYMES, a través de la asignación de los recursos necesarios, el impulso y difusión en toda la organización. Por esta razón, es necesario que antes de emprender la implementación, los directivos reciban una sensibilización sobre los beneficios que ofrece LSS para la organización y los factores claves que garantizan el éxito en su implementación; haciendo énfasis en aquellos que dependen de la dirección.

Es importante resaltar que desde el comienzo del proceso la organización debe nombrar un **Líder de Despliegue**, que será la persona responsable de gestionar el proceso de principio a fin. Es recomendable que la persona tenga conocimientos y experiencia en las áreas de Ingeniería y Gestión de la Calidad, y adicionalmente tenga un alto poder de decisión e influencia dentro de la organización.

#### **3.7.2 Alineación Estratégica de LSS**

Para definir el rumbo y enfoque que debe tomar LSS dentro de la organización, primero se debe conocer su planeación estratégica, y en caso de no tenerla, se debe por lo menos conocer de primera mano de los directivos, que proyecciones se tiene con la organización a mediano y largo plazo. En esta parte, se debe obtener como mínimo la siguiente información: visión, misión, principios, valores, políticas de calidad, objetivos estratégicos, iniciativas estratégicas y proyecciones a mediano y largo plazo, sobre procesos, productos/servicios y mercados.

A partir de esta información se debe identificar como LSS apunta a la misión, visión y objetivos estratégicos. Adicionalmente, se debe identificar que políticas se deben implantar para facilitar el despliegue.

Como herramientas para lograr la alineación estratégica se puede utilizar el Despliegue por Política, los Mapas Estratégicos o el Balanced Score Card.

### **3.7.3 Enfoque al cliente**

Es importante que la organización conozca quienes son las partes interesadas (Stakeholders) en este proceso, y una de ellas son los clientes. Por esta razón, es necesario saber y caracterizar quienes son los clientes, cuales son sus características, como están segmentados y clasificados y cuáles son sus necesidades. Esta información será un aporte significativo que permitirá dar un enfoque adecuado a los proyectos que se desarrollen, porque todos ellos deben apuntar a mejorar la satisfacción y cumplimiento de los requisitos, tanto del cliente externo como interno. Es importante que las directivas posean un enfoque sistémico de la organización, lo cual les permita conocer y entender la interacción cliente-proveedor en cada área y proceso. Algunas de las herramientas que se pueden utilizar son: el Análisis de Kano, el Análisis de CTS, el Despliegue de la Función Calidad QFD, el SIPOC, entre otros.

### **3.7.4 Formación en Lean Seis Sigma**

La formación en LSS implica que todas las personas que participan, sea liderando, coordinando, ejecutando o apoyando los proyectos, deben recibir formación en las metodologías y herramientas de Seis Sigma y Manufactura Esbelta. Para el caso del líder del despliegue del proyecto, existe un programa de formación que se encuentra estandarizado según la ISO 13053-1 (2011), en el cual se establece la duración de la formación y los temas a tratar. En el caso de las personas que coordinan, ejecutan y apoyan los proyectos, existen los niveles de formación *Black Belt*, *Green Belt* y *Yellow Belt* respectivamente, cuyos contenidos de formación están definidos en el estándar ISO 13053-1 (2011) ó también se puede recurrir al *Body Of Knowledge* de la Asociación Americana para la Calidad (ASQ), quienes han diseñado programas de formación para estos roles y son utilizados como referentes a nivel mundial.

Un aspecto importante en la formación es la selección del personal idóneo, en este sentido, se debe llevar a cabo un proceso de identificación y selección de personal, el cual debe contar con una serie de competencias básicas, según el rol que asumirá dentro de los proyectos (*Black Belt, Green Belt o Yellow Belt*). Dichas competencias están basadas en el estándar ISO 13053-1 (2011) y se encuentran listadas en el Anexo 1.

### **3.7.5 Estandarización de los proceso**

Una de las condiciones de partida en todo proyecto LSS, es contar un proceso estable y estandarizado, ya que con esto se puede establecer una línea base y se pueden evidenciar las mejoras alcanzadas con los proyectos de mejora. Para que un proceso sea estable, primero se debe garantizar que esta estandarizado y luego que se encuentra bajo control estadístico. Por esta razón, los procesos o áreas a intervenir deben tener un nivel adecuado de estandarización; antes de iniciar la ejecución de los proyectos. Esto implica: métodos de trabajo estandarizados; condiciones ambientales estables; tecnologías de proceso bien definidas; baja rotación de personal; carga laboral constante; registros estandarizados e indicadores de gestión. En esta fase se pueden utilizar los estudios de métodos y tiempos o el enfoque de las 5S para lograr un nivel estandarización adecuado.

### **3.7.6 Cultura de Medición**

La medición del desempeño en los proceso a través de indicadores es fundamental en todo proceso de mejora, y más aún en proyectos LSS, ya que brinda un conocimiento real acerca del progreso y los resultados alcanzados. Es importante que antes de desarrollar cualquier proyecto de mejora, la organización defina indicadores de gestión para sus proceso, esto, basado en las necesidades y requerimientos de las partes interesadas según el caso (Clientes, proveedores, empleados, socios y directivos). Estos indicadores de gestión deben ser definidos de acuerdo a la naturaleza del proceso y deben reflejar su desempeño real. Adicionalmente, se deben medir de forma constante y periódica, para tener información de base que permita tomar decisiones objetivas sobre las áreas y procesos claves susceptibles de mejora.

Las personas involucradas de los procesos deben ser conscientes de la importancia del uso de los indicadores de gestión, por esta razón los líderes de la organización deben hacer un control estricto sobre su uso y seguimiento. Además, deben evidenciar los beneficios que obtienen las partes

interesadas al utilizarlos, ya que con esto se logra desarrollar una cultura de medición. De acuerdo al tamaño de la empresa se puede utilizar desde un modelo de indicadores básico hasta un Balanced Scorecard.

### 3.8 FASE 2. IDENTIFICACIÓN

#### 3.8.1 Identificación de los Focos de Mejora

Dada la limitación de recursos e infraestructura en las Pymes, se debe definir previamente sobre qué áreas, procesos y productos/servicios se desea trabajar y los indicadores de gestión que se utilizarían para medir su desempeño. La identificación de las áreas de mejora deben tener un alto componente estratégico, por esta razón, es necesario la participación de los directivos de la organización. Esta primera etapa debería hacerse con una periodicidad anual o bianual, o en algunos casos podría concordar con el proceso de direccionamiento estratégico.

**Tabla 3-4. Identificación de Focos de Mejora**

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Identificar y definir las áreas, procesos, productos o servicios que serán objeto del desarrollo de proyectos LSS, a través de la identificación del impacto y contribución que estas tienen en la estrategia de la organización, la productividad, la competitividad, la excelencia operacional y la generación de valor agregado.	<b>1. Levantar información:</b> para hacer la identificación de los focos de mejora, primero se debe recolectar información de base para el análisis e identificación de las áreas, procesos, productos o servicios de mayor impacto.	Anexo 2. Identificación de Focos de Mejora	Información para el análisis de áreas, procesos, productos o servicios a priorizar
	<b>2. Priorizar:</b> con base en la información recolectada realizar un análisis de Pareto	Análisis de Pareto	Áreas, procesos, productos o servicios a priorizadas
	<b>3. Definir áreas, procesos, productos o servicios a intervenir:</b> Con base en los resultados del análisis de Pareto y los objetivos estratégicos se deben definir los focos de mejora.	Análisis de Pareto	Áreas, procesos, productos o servicios a intervenir

Fuente. Elaboración propia (2012)

#### 3.8.2 Definición del Portafolio de Proyectos

Luego de haber identificado los focos de mejora, se deben definir proyectos LSS que buscan fortalecer las áreas de la organización identificadas como claves. Se debe evitar desarrollar proyectos LSS

que no estén articulados con los focos de mejora, ya que se corre el riesgo de desperdiciar tiempo y recursos en acciones de mejora que: no están alineadas con la estrategia de la organización; no generan un alto impacto en los resultados financieros; no contribuyen significativamente con la satisfacción cliente y por tanto no generan el compromiso que se requiere de la dirección. Por esta razón, la definición de los proyecto se debe hacer de forma sistemática y estructurada, de tal forma que minimice la probabilidad de ocurrencia de los riesgos anteriormente mencionados. Para dar respuesta a esta problemática, se plantea el desarrollo de una serie de actividades, las cuales están basadas en el *Estándar para la Gestión de Portafolio de Proyectos o “The Estándar For Portafolio Managament”* (Project Management Institute, 2008), el cual establece dos procesos básico: primero Definición y Alineación, y segundo Monitoreo y Control de los Grupos de Proyectos. Para definir el portafolio de proyectos bajo el enfoque LESEPYMES, se hace una adaptación del proceso de definición y alineación de los grupos de Proyectos. La periodicidad con la que se define este portafolio de proyectos puede ser anual o semestral.

**Tabla 3-5. Definición del Portafolio de Proyectos**

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Determinar el grupo de proyectos LSS a ejecutar para dar respuesta a los focos de mejora previamente identificados	<b>1. Identificar proyectos:</b> en esta actividad se deben identificar y definir posibles proyectos LSS a desarrollar, los cuales deben apuntar a los focos de mejora. Las fuentes de información pueden ser: registros de quejas y reclamos, registro de costos, registro de problemas, informes de auditorías, informes de gestión o sugerencias de los jefes de departamento u operarios.	Anexo 3. Identificación de Proyectos	Lista de Proyectos LSS a evaluar y Priorizar
	<b>2. Evaluar Proyectos:</b> en esta actividad se evalúa cada uno de los proyectos previamente identificados, utilizando una matriz que contiene los siguientes criterios de evaluación: impacto en los costó de calidad, impacto del cliente, inversión requerida para desarrollar el proyecto, tiempo de ejecución, confiabilidad de los sistemas de medición y conocimiento de las causas.	Anexo 4. Matriz de Evaluación de Proyectos	Proyectos Evaluados
	<b>3. Priorizar Proyectos:</b> la priorización de los proyectos se hará de acuerdo a la calificación obtenida, se deben ordenar los proyectos de mayor a menor calificación	Anexo 4. Matriz de Evaluación de Proyectos Análisis de Pareto	Proyectos Priorizados y Seleccionados

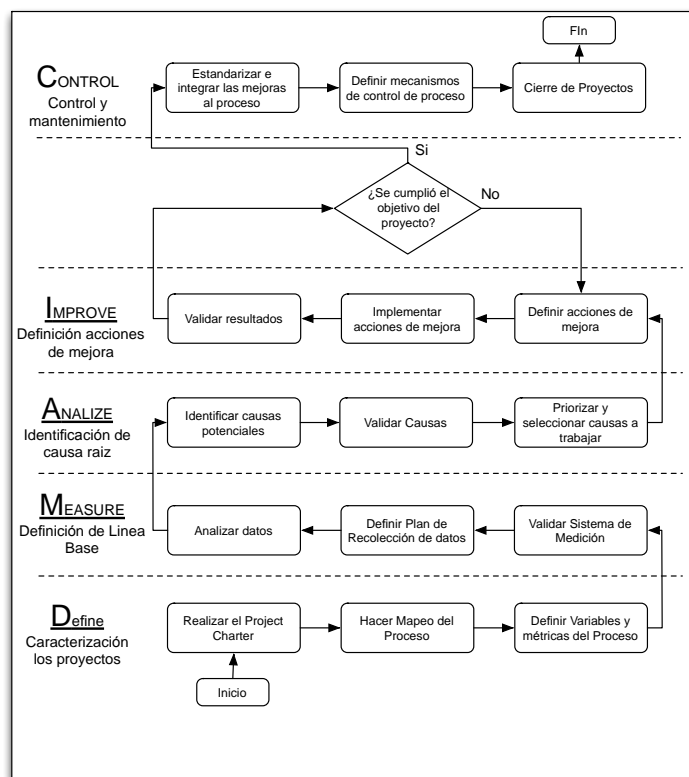
Fuente. Elaboración propia (2012)



### 3.9 FASE 3. EJECUCIÓN

Teniendo ya identificado la lista de proyecto, se procede a su ejecución, y para esto se utilizara una metodología que integra los enfoques Seis Sigma y Manufactura Esbelta a la mejora de los procesos. De Seis Sigma se toma la metodología DMAIC, para construir cada una de las fases que debe llevar todo proyecto LSS, también se toman las herramientas estadísticas claves como: las pruebas de hipótesis, los gráficos de control, el análisis de correlación, los diseños de experimentos, análisis de capacidad de proceso, análisis de sistemas de medición, análisis de regresión y toda la estadística descriptiva, esto con el fin de crear una plataforma solida que permita procesar y analizar la información. Del enfoque de Manufactura Esbelta se toman las herramientas comúnmente utilizadas, como son: el kaizen, el mapa de flujo de valor, el mantenimiento total productivo, el SMED, 5S, la gerencia visual, flujos de una pieza, entre otros; necesarios para llevar a cabo iniciativas de mejora en los flujos de procesos. En la Figura 3-6 se presenta el procedimiento básico de la metodología DMAIC.

**Figura 3-6. Metodología DMAIC para el Desarrollo de Proyectos Lean Seis Sigma**



Fuente. Adaptado de Pyzdek, T., Keller, P.A. The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels (2009).

La guía para el desarrollo de los proyectos de mejora está dividida en cinco (5) etapas, basadas en el DMAIC de Seis Sigma (Ver Figura 3-6), y parte desde la definición completa de la problemática hasta el seguimiento y control a las mejoras implementadas.

### 3.9.1 Etapa 1. Caracterización de Proyectos

En esta etapa se busca definir los aspectos generales del proyecto, tales como: título del proyecto, objetivo, planteamiento del problema, equipo de trabajo, programación de las actividades, métricas, variables del proceso, actividades del proceso u otra información necesaria para una completa caracterización del proyecto. El desarrollo de la fase comprende básicamente tres (3) actividades: realizar el *Project Charter*, hacer mapeo del proceso y definir variables y métricas del proceso. A continuación se detallan cada una de estas actividades.

Tabla 3-6. Caracterización de Proyectos

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Realizar la caracterización de los proyectos LSS, a través de la definición de objetivos, métricas, variables del proceso, equipo de trabajo, cronograma de trabajo, entre otra información indispensable para tener claridad sobre el estado actual del problema y aspectos generales para su abordaje.	<b>1. Caracterizar el Proyecto:</b> Para esto se deben definir las generalidades del proyecto, el equipo LSS y el cronograma del proyecto.	Project Charter	- Generalidades del Proyecto - Equipo LSS - Cronograma de Actividades
	<b>2. Hacer Mapeo del Proceso:</b> En esta actividad se debe hacer una caracterización completa del proceso, definiendo: Proveedores, Entradas, actividades del proceso, relaciones, salidas y clientes	SIPOC Diagrama de Proceso Diagrama de Operaciones Flujograma Mapa de Flujo de Valor	Mapa de Proceso
	<b>3. Definir Variables:</b> En esta actividad se deben identificar las variables asociadas a las actividades y componentes del proceso.	SIPOC	- Variables del Proceso

Fuente. Elaboración Propia (2012)

### 3.9.2 Etapa 2. Definición de línea base

Una de las características fundamentales del enfoque LSS, es el uso intensivo de datos e información utilizados en el análisis de los proceso, el diseño de estrategias de mejora y la toma de decisiones. Por esta razón, antes desarrollar las fases de análisis y mejora, es necesario asegurar que

las fuentes de información y los sistemas de medición sean lo suficientemente confiables, para evitar tomar acciones erróneas que conlleven a la falta de resultados en los proyectos LSS, y esto es precisamente lo que se busca en la etapa medición. Adicionalmente, en esta etapa se debe levantar una línea base, que sirva como un punto de partida para evaluar la efectividad de las mejoras alcanzadas con la consecución de cada proyecto.

**Tabla 3-7. Definición de Línea Base**

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar y asegurar la confiabilidad de los sistemas de medición y las fuentes de información, a través del uso de técnicas estadísticas, con el fin de suministrar información útil para el proyecto LSS</li> <li>- Levantar una línea base, a través del uso de métodos estadísticos, con el fin de obtener un punto de partida para evaluar las mejoras alcanzadas</li> </ul>	<b>1. Validar Sistema de Medición:</b> un sistema de medición debe ser evaluado con los siguientes criterios: exactitud (Sesgo), linealidad, estabilidad, repetibilidad, reproducibilidad y Sensibilidad. Para esto se utilizarán métodos estadísticos según el tipo de sistema de medición:	Análisis R&R Estudio de linealidad y Sesgo Estudio de Concordancia de Atributos	Sistema de Medición validado
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis R&amp;R y Estudio de Linealidad y Sesgo para datos continuos</li> <li>- Análisis de Concordancia, para cuando se evalúan atributos</li> </ul>		
	<b>2. Definir Plan de Recolección de Datos:</b> Se debe establecer un plan para recolectar los datos necesarios para hacer seguimiento a los métricos.	Plan de Recolección de datos Muestreo aleatorio	Plan de Recolección de datos
	<b>3. Definir línea base:</b> se debe definir la situación inicial del proceso, producto o servicios, a través de un análisis de capacidad de proceso y del cálculos de las métricas LSS	Pruebas de Normalidad Pruebas de Bondad de Ajuste Métricas LSS: DPO, DPU, DPMO, PPM, Índice Z, Takt Time Análisis de Capacidad de Proceso (Cp, Pp, Cpk, Ppk, Cpm)	Línea Base

Fuente. Elaboración Propia (2012)

### 3.9.3 Etapa 3. Identificación de causa raíz

Luego de tener una línea base y conocer la situación actual del proceso, producto o servicio, se deben identificar, analizar y validar las causas que generan problemas de calidad y flujo. Esta etapa

es sumamente importante, ya que, conociendo a profundidad la causa raíz, se pueden definir estrategias acertadas para mejorar la capacidad de los procesos. En la Tabla 3-8 se presenta la descripción de las actividades de esta etapa del proyecto. Para el análisis de las causas se deben tomar como base las variables del proceso identificadas en la etapa 1 del proyecto, ya que estas darán una idea de lo que puede estar afectando el proceso de forma negativa.

**Tabla 3-8. Identificación de Causa Raíz**

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Identificar y validar la causa raíz del problema, a través del uso de métodos estadísticos y no estadísticos, para definir acciones de mejoras acertadas.	<b>1. Identificar causas potenciales:</b> en esta actividad se busca identificar todas las posibles causas que pueden estar generando problemas dentro del proceso.	Diagrama de Isikawa Matriz Causa Efecto AMEF	Lista de Causas potenciales
	<b>2. Analizar y Validar Causas:</b> en esta actividad las causas deben ser validadas a través de métodos estadísticos para validar su grado de influencia en el problema.	Prueba de Hipótesis Análisis de Correlación Análisis de Regresión Diseño de Experimento Análisis de datos Categóricos Métodos estadísticos no paramétricos Simulación de Procesos	Causas Validadas
	<b>3. Priorizar y Seleccionar Causas a Trabajar:</b> luego de validadas las causas, se deben priorizar de acuerdo a la contribución que estas tengan sobre el problema o la variabilidad del Proceso. Se deben definir estrategias de mejoras para aquellas causas que tengan mayor contribución sobre el problema.	AMEF Matriz Causa Efecto	Causas Priorizadas

Fuente. Elaboración Propia (2012)

### 3.9.4 Etapa 4. Definición de acciones de mejora

Después de haber validado y priorizado las causas que tienen mayor impacto sobre el problema, se deben generar una serie de estrategias y acciones específicas, orientadas a dar solución a la problemática abordada, en la Tabla 3-9 se presenta un detalle de las actividades que se deben realizar.

**Tabla 3-9. Definición de Acciones de Mejora**

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Definir e implementar acciones de mejoras con el fin de cumplir el objetivo planteado al inicio del proyecto	<b>1. Definir Acciones de Mejora:</b> en esta actividad se deben generar una lista de posibles soluciones según la causa raíz identificada en la etapa 3. Para esto se pueden utilizar herramientas estadísticas y de gestión, no solo para generar ideas y soportar decisiones, sino también para estructurarlas en un plan de acción con actividades concretas.	Herramientas Lean (5s, TPM, Kanban, SMED, Manufactura Celular, Poka Yoke, Value Stream Mapping) Teoría de Restricciones, Diseño de Experimento y Métodos de Superficie de Respuesta Análisis de Regresión Simulación AMEF Lluvia de ideas y mapas mentales Pla de Implementación de Mejora	Plan de Implementación de Mejoras
	<b>2. Implementar Acciones de Mejora:</b> las acciones de mejora se deben implementar de acuerdo a un plan previamente definido, y sobre el cual se debe hacer un seguimiento periódico para verificar su cumplimiento y tomar acciones correctivas cuando sea necesario.	Auditoria al plan de implementación	Auditoria al plan de implementación
	<b>3. Validar Resultados:</b> En la medida que se van implementando las acciones de mejora, se debe evaluar el impacto que estas generan sobre el problema, esto se hace a través de la revisión y análisis sobre la evolución y tendencia de las métricas LSS, métricas operacionales y métricas financieras. Si no se cumple el objetivo se deben revisar y replantear las acciones definidas.	Auditoria de resultados	Cumplimiento de los objetivos

Fuente. Elaboración Propia (2012)

Las acciones de mejora deben ser definidas con sumo cuidado, ya que, deben ser eficientes en cuanto al uso de recursos y efectivas para generar un impacto positivo que se vea reflejado en las métricas operacionales y financieras. Es importante que el equipo LSS defina un plan que integre todas las acciones de mejora a implementar y asigne a estas: fechas, responsables, recursos e indicadores, lo que permita auditar y hacer seguimiento a la implementación, esto con el fin de

garantizar el cumplimiento de las acciones planteadas y tomar acciones correctivas cuando se incurra en incumplimientos, que puedan poner en riesgo los resultados del proyecto. Es importante que este Plan sea socializado con las directivas de la organización, para su aprobación, y de esta forma garantizar el compromiso de la organización y los recursos necesarios para la implementación.

### 3.9.5 Etapa 5. Control y mantenimiento

En este punto del proyecto se busca incorporar y estandarizar los cambios introducidos en la etapa de mejora. Por esta razón, es importante documentar los procesos o procedimientos modificados, y para esto, se puede utilizar el enfoque de aseguramiento de la calidad a través de la norma ISO 9001. Adicionalmente, se deben diseñar mecanismos para garantizar que los cambios y mejoras alcanzadas se mantengan a lo largo de tiempo, con el fin de darle continuidad más allá del cierre del proyecto. En la Tabla 3-10 se presenta una descripción de las actividad en esta etapa.

**Tabla 3-10. Control y Mantenimiento de Mejoras**

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Integrar los cambios a los procesos, a través de la documentación en manuales de calidad, manuales de procedimientos o documentos organizacionales establecidos para tal fin, con el fin de garantizar su cumplimiento y conocimiento en toda la organización	<b>1. Estandarizar e Integrar las Mejoras a los Procesos:</b> en esta actividad se deben formalizar los cambios introducidos a los procesos, productos y servicios, para esto se deben levantar manuales de procedimientos, Diagrama de Procesos, mapas de procesos, y si la empresa está certificada, se debe actualizar el manual de calidad.	Manual De Procedimientos Mapa de Proceso Caracterización de Proceso ISO 9001	Cambios integrados a los procesos
	<b>2. Definir Mecanismos de Control de Mejoras:</b> en este punto se deben diseñar mecanismo para hacer seguimiento y mantener las mejoras alcanzadas. Por esta razón, es necesario comunicar los cambios a las partes interesadas y si es necesarios capacitarlos para asumir los nuevos cambios. Para crear disciplina y orden se puede acudir a herramientas como las 5s. Es importante que los mecanismos diseñados tengan un impacto sobre el clima laboral, la cultura organizacional y los esquemas de trabajo	5s Poka Yokes Plan de Capacitación Plan de Control Graficas de Control Gerencia Visual	Mecanismo de seguimiento y control de los cambios y mejoras alcanzadas
	<b>3. Cerrar Proyectos:</b> cuando se hallan alcanzado las metas e impactos esperados se debe elaborar un informe de cierre de proyecto, a través del cual se pueda comunicar a las partes interesadas, de forma clara y precisa, todos los resultados del proyecto.	Informe A3	Informe de Cierre de Proyecto

Fuente. Elaboración Propia (2012)

### 3.10 FASE 4. EVALUACIÓN

Luego que se han ejecutado los proyectos definidos en el portafolio, se debe hacer una evaluación global de todos los proyectos en conjunto, con el fin de revisar en qué grado se han alcanzado los objetivos de despliegue (Excelencia Operacional, Aumento en la Productividad y Competitividad y Generación de Valor Agregado en Procesos, Productos y Servicios) a nivel organizacional, esto se hace a través de un análisis comparativo antes-después.

**Tabla 3-11. Evaluación del Portafolio de Proyectos**

Objetivo	Actividades	Herramientas	Resultados
Evaluar el impacto del portafolio de proyecto en la organización, a través de la revisión de los resultados de los proyectos, con el fin de tomar nuevas acciones orientadas la creación de un nuevo portafolio de proyectos LSS y levantar lecciones aprendidas.	<b>1. <i>Evaluar Resultados de los Proyectos:</i></b> se deben evaluar todos los proyectos del portafolio y verificar su impacto en los resultados globales de la organización. Estos resultados se deben evaluar teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Grado de Cumplimiento de los objetivos, Impacto Financiero, Impacto en los productos o servicios, Impacto en la eficiencia y productividad de los proceso e Impacto en la satisfacción de los clientes	Anexo 9. Formato Evaluación del Portafolio de Proyectos	Evaluación del Impacto del Portafolio de Proyectos
	<b>2. <i>Levantar Lecciones Aprendidas:</i></b> las lecciones se definirán de acuerdo a la retroalimentación y evaluación de cada proyecto, con el fin de replicar buenas prácticas en la ejecución de proyectos LSS y evitar la reincidencia de equivocaciones o errores en anteriores proyectos. Esto al final es un activo derivado del aprendizaje organizacional.	Anexo 9. Formato Evaluación del Portafolio de Proyectos	Lecciones Aprendidas.

Fuente. Elaboración Propia (2012)

Adicionalmente, indicadores de productividad, competitividad, eficiencia, crecimiento en las ventas, crecimiento en el número de clientes, entre otros, deben ser analizados para verificar el impacto de los proyectos en cada uno de ellos; entendiendo que la mejora o deterioro en alguno de ellos no depende exclusivamente de los proyectos LSS, por esta razón el análisis se debe realizar basado en información clara y verificable. En la Tabla 3-11 se presenta una descripción de las actividades de esta fase.

### 3.11 CONCLUSIONES DEL CAPITULO Y COMENTARIOS SOBRE LA METODOLOGIA

Varios investigadores y expertos han propuesto modelos y metodologías para implementar LSS, enfocadas no solo en Pymes sino también en cualquier tipo de organización; independiente de su tamaño o sector de la economía en el que se encuentre ubicada. Estos modelos y metodologías tratan de abordar algunos de los siguientes factores críticos para la implementación LSS: alineación estratégica, compromiso de la dirección, cultura organizacional, competencias y formación para LSS, cambio organizacional, metodologías para el desarrollo de proyectos, técnicas y herramientas, costos de calidad y aspecto financieros, portafolio de proyectos, integración con otros enfoques de mejora (TQM, TOC, JIT, ISO 9001, etc) y esquemas para la integración de Seis Sigma y Manufactura Esbelta.

Como se puede observar en la Tabla 3-12, cada autor aborda e integra diferentes elementos en las metodologías y modelos que propone, pero, el enfoque metodológico LESEPYMES tiene como aporte fundamental, el desarrollo de un proceso en cascada desde lo estratégico hasta lo operativo, en el cual no solo se hace una alineación estratégica de las iniciativas LSS, si no, que permite definir acciones específicas para preparar a las organizaciones en aquellos factores críticos donde se encuentren debilidades, y de esta forma disminuir las barreras que hacen que los proyectos LSS no sean efectivos. Adicionalmente, integra el enfoque de *gestión portafolio de proyectos* que propone también (M. M. Fernandes et al., 2011) y (Ronald D. Snee and Hoerl, 2007), pero, que a diferencia de estos autores, se lleva al contexto de las Pymes, a través del diseño de un procedimiento menos complejo que pueda ser fácilmente aplicable en este tipo de organizaciones.

El aporte de la investigación en cuanto a herramientas de apoyo a la metodología, está representado en el diseño y adaptación de formatos que permiten la recolección y consolidación de información y el análisis y presentación de resultados, estas herramientas son:

- Formato para la identificación de focos de mejora (ver Anexo 2)
- Formato para la definición de posibles proyectos (ver Anexo 3)
- Matriz para la priorización de proyectos (ver Anexo 4)
- Informe de línea base, en el cual se integran las métricas LSS con el análisis de capacidad de proceso (ver Anexo 5)



- Informe de cierre de proyecto, basado en el informe A3 (ver Anexo 8)
- Matriz de evolución de resultados de los proyectos (ver Anexo 9)

**Tabla 3-12. Modelos y Metodologías para Implementar Seis Sigma y Lean Seis Sigma**

Autor	Seis Sigma	Manufactura Esbelta	Alineación Estratégica	Compromiso de la Dirección	Cultura de Medición de procesos	Competencias y formación	Cambio Organizacional	Portafolio de Proyectos	Metodología para el Desarrollo de Proyectos	Técnicas y Herramientas	Costos de Calidad y Aspecto Financieros	Integración con otros enfoques de mejora	Enfocado en PYMES
(Felizzola, 2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓
Burton (2004)	✓		✓			✓							
D. Thomas (2006)	✓			✓	✓	✓	✓		✓				✓
(Maneesh Kumar et al., 2011)	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓
(Chakravorty, 2009)	✓		✓	✓		✓			✓	✓		✓	
(Gnanaraj et al., 2012)	✓	✓			✓				✓	✓	✓		✓

Fuente. Elaboración Propia (2012)

## **4 CAPITULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA EN UNA PYME DEL SECTOR DE MADERAS Y MUEBLES**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En el capítulo anterior se presentó la descripción detallada de la metodología LESEPYMES, en este capítulo se presentaran los resultados de su implementación en una empresa del sector de maderas y muebles. Para esto, se describe como se desarrollaron cada uno de los elementos propuestos en la metodología, así como la ejecución de dos proyectos pilotos, cuyos resultados muestran un impacto positivo en la empresa desde punto de vista de la calidad, la eficiencia en los procesos y los resultados financieros.

El capítulo está estructurado de la siguiente manera: primero se hace una descripción general de la empresa; en segundo lugar, se describen sus metas y objetivos estratégicos, y como la implementación de la metodología se alinea con estos objetivos; en tercer lugar, se describe como se desarrolló la fase 1, donde se muestra como se preparó la organización para implementar LESEPYMES; en cuarto lugar, se definen los focos y el portafolio de proyectos propuesto, lo cual hace parte de la fase 2; en quinto lugar se presenta el desarrollo de los dos proyectos pilotos ejecutados; y por último se hace una evaluación de los resultados y se presentan las conclusiones con respecto resultados e impactos generados para la empresa.

### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Para seleccionar la empresa donde se validó la metodología se fijaron una serie de criterios, los cuales permitieron garantizar la aplicabilidad e implementación, estos son: pequeña o mediana<sup>1</sup> empresa con necesidades críticas en la mejora de sus productos y servicios; compromiso de la gerencia en el desarrollo de proyectos de mejora de la calidad de sus productos y servicios; y contar con personal capacitado en la metodología LSS.

Teniendo en cuenta estos criterios, se seleccionó una empresa mediana (200 empleados en promedio) del sector de maderas y muebles, la cual participó en el programa de eficiencia en Pymes a través de LSS (Proyecto financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo BID,

---

<sup>1</sup> Para definir el tamaño de la empresa se tomo como referencia lo establecido en el artículo 2° de la Ley 95 de 2004

coordinado en Colombia por la Corporación Calidad y la Corporación CYGA y ejecutado por la Universidad de la Costa CUC), el cual incluía la formación a nivel de Green Belt en LSS para dos empleados de la empresa.

La empresa actualmente se encuentra ubicada en el municipio de Soledad Atlántico, y su actividad económica es la fabricación de alcobas de madera, las cuales provee a una comercializadora que los vende al cliente final.

#### **4.3 METAS Y OBJETIVOS ESTRATEGICOS DE LA EMPRESA**

Desde la perspectiva estratégica, la empresa busca con la implementación de LSS alcanzar los siguientes objetivos estratégicos:

- Posicionar sus productos entre los de mayores ventas, lo cual se vea reflejado en sus ingresos por ventas y numero de unidades vendidas;
- Mejorar los estándares de calidad de sus productos, lo cual se refleje en la disminución de los servicios generados a causas de devoluciones por parte del cliente final;
- Mejorar la productividad de sus procesos de producción, lo cual impacte en los costos de producción, los costos de mala calidad, los reprocesos, los tiempos de ciclo y la capacidad de producción

A partir de estos objetivos estratégicos la empresa definió líneas acción, a través de las cuales se definirán proyectos LSS, que aporten a la consecución de los objetivos planteados.

#### **4.4 FASE 1. PREPARACIÓN**

##### **4.4.1 Compromiso de la Dirección**

Para concientizar a la gerencia de la empresa sobre la importancia de la implementación LSS en Pymes, se llevó a cabo una capacitación para los gerentes de las empresas participantes en el Programa de Eficiencia en Pymes a través de LSS. Esta formación tiene una duración de 8 horas y lo temas a tratar son: LSS como estrategia de negocio; Papel del Champion en la implementación de LSS; Funciones de los Champions, Black Belt, Green Belt y personal de apoyo; Enfoque al cliente;

Identificación de proyectos con alta probabilidad de éxito; Generalidades de la metodología DMAIC; Métricas LSS; y Medición del impacto de los proyectos LSS en la organización.

Todos estos temas contribuyen a que los gerentes puedan tener una visión más clara de las características de la metodología LSS, y del impacto que esto puede generar en la organización, con lo cual se busca crear conciencia en las directivas sobre el papel que juega LSS en la mejora de la productividad y la competitividad.

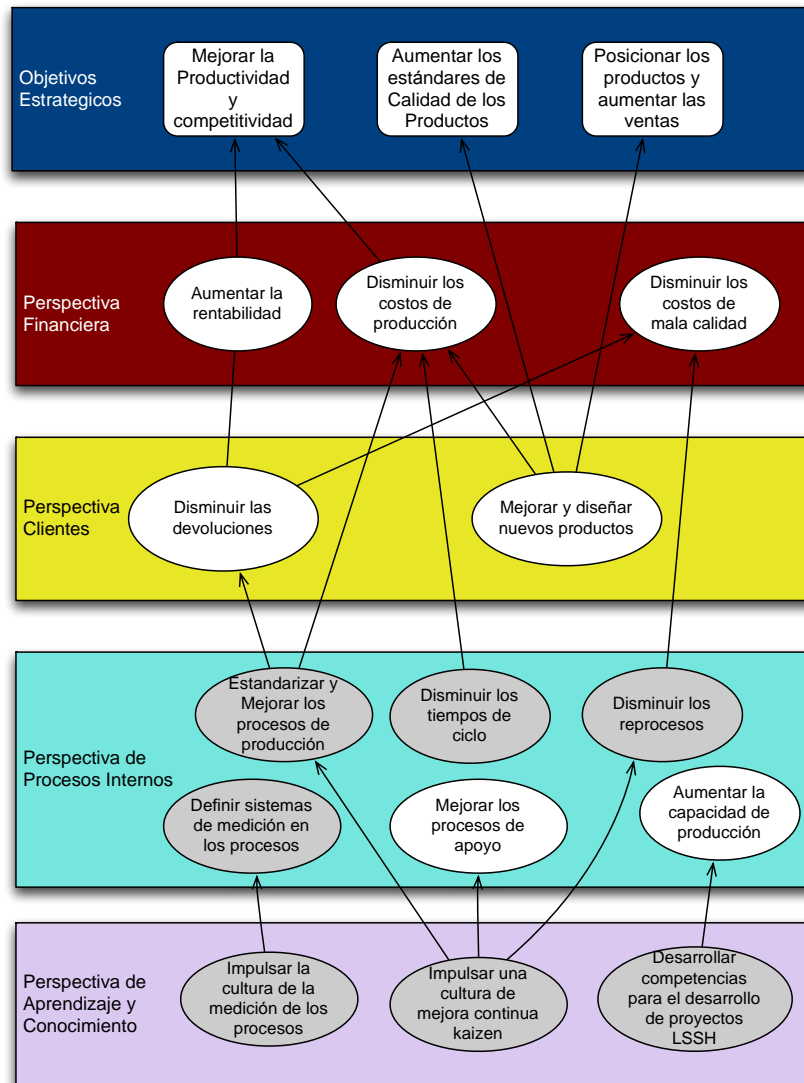
#### **4.4.2 Alineación estratégica de Lean Seis Sigma**

Teniendo en cuenta que la empresa no cuenta con una planeación estratégica, se tomó la decisión de construir un Mapa Estratégico, buscando definir acciones que se puedan abordar a partir de la implementación de LSS, con base en las cuales se puedan definir los focos de mejora y proyectos que los fortalecen. En la Figura 4-1 se presenta el mapa estratégico que se definió en la empresa para la implementación de LSS.

Este mapa estratégico fue desarrollado entre el gerente y su personal de apoyo y con el acompañamiento del Black Belt del Proyecto. Para esto se tomaron los objetivos estratégicos de la organización y se fueron definiendo las acciones necesarias, desde las diferentes perspectivas, para cumplir con dichos objetivos.

Las acciones señaladas con gris son las áreas de trabajo a las que apunta la implementación de LSS en la empresa desde las perspectivas de *Procesos Internos* y *Aprendizaje y Conocimiento*, lo cual es importante, porque dará claridad sobre el aporte que cada una de las acciones genera sobre a los objetivos estratégicos de la organización y cuál es la relación causal entre los elementos de la metodología.

**Figura 4-1. Mapa de Estratégico para la Implementación de Lean Seis Sigma**



Fuente. Elaboración propia (2012)

#### 4.4.3 Enfoque al Cliente

Para la identificación de las necesidades y expectativas de los clientes se utilizó la herramienta SIPOC y se complementó con una identificación de los CTS.

La identificación de los CTS permite tener conocimiento de cuáles son las necesidades críticas de los clientes, con lo cual se tiene una base para darle un enfoque adecuado a cada uno de los acciones y proyectos LSS, garantizando de esta forma el aporte a los objetivos estratégicos planteados inicialmente.

**Tabla 4-1. SIPOC Para la Implementación de LESEPYMES**

SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers)					
Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Cliente	CTS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Proveedor de madera</li><li>- Proveedor de insumos de carpintería</li><li>- Proveedor de pinturas</li><li>- Proveedor de productos químicos</li><li>- Proveedor de accesorios</li><li>- Proveedor de material de empaque</li><li>- Proveedor de maquinaria y herramientas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Madera (Roble)</li><li>- Herramientas de corte</li><li>- Tinte</li><li>- Lijas o Bandas</li><li>- Adhesivos</li><li>- Clavillos, Tornillos, Herrajes</li><li>- Sellador M40 y Catalizador</li><li>- Herramientas de corte</li><li>- Pinturas (tintilla, acabado, poliuretano)</li><li>- Thinner</li><li>- Materiales metálicos pre-fabricados</li><li>- Cartón</li></ul>	Corte Armado Preparación Pintura Embalaje	Alcobas	Muebles Jamar	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cumplimiento de las especificaciones del producto (CTQ)</li><li>- Cumplimiento en los tiempo de entrega (CTD)</li><li>- Variedad de diseño (CTQ)</li><li>- Embalaje (CTQ)</li><li>- Cumplimiento en las cantidades a entregar (CTD)</li><li>- Costos del Producto (CTC)</li></ul>
				Cliente final (compradores de Muebles Jamar)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Apariencia de la pintura (CTQ)</li><li>- Funcionamiento de cada uno de los componentes (CTQ)</li><li>- Condiciones de seguridad (CTQ)</li><li>- Resistencia de cada uno de los componentes de alcoba (CTQ)</li><li>- Apariencia física del producto (CTQ)</li><li>- Durabilidad de la pintura, acabado, madera y componentes (CTQ)</li><li>- Variedad de diseño (CTQ)</li></ul>
CTQ: Critico de Calidad, CTD: Critico de Oportunidad, CTC: Critico de costo					

Fuente. Elaboración propia (2012)

#### 4.4.4 Formación para Lean Seis Sigma

Dentro del programa Eficiencia en Pymes a través LSS se llevo a cabo un proceso de formación para Gerentes, Black Belts y Green Belts (Ver Anexo 10). De cada empresa participaron el Gerente General (Formación Gerencial) y dos funcionarios (Formación para Green Belt). A través de esta formación los empresarios, gerentes y profesionales de la organización, desarrollan los conocimientos y habilidades necesarias para liderar y apoyar la implementación proyectos de mejora de procesos, productos y servicios, a través de la formación y capacitación en los métodos, técnicas y herramientas de la metodología LSS.

#### 4.4.5 Estandarización de los procesos

Inicialmente se identificaron falencias en la estandarización de los procesos y las condiciones de trabajo en los procesos de producción de la empresa, por lo cual se realizó un diagnóstico y un plan de acción basado en la metodología 5S (Ver Anexo 11). Para esto se diseñó un instrumento de recolección de información para evaluar factores como: estandarización de los procesos, condiciones físicas de trabajo, estado de las maquinas y herramientas, entre otros aspectos claves para identificar las condiciones en que se llevan a cabo los procesos de producción. El diagnostico

evidenció que los factores más críticos en el proceso de producción son los siguientes: Ruido; Riesgos de Incendio; Condiciones de Iluminación; Estado de las máquinas y herramientas de trabajo; Diseño de los espacios de trabajo; y Carga física en los empleados.

Estos factores se evaluaron tanto a nivel organizacional como por cada área del proceso de producción, y a partir de allí, para cada factor se generaron planes de acción, buscando garantizar que los proceso puedan operar con las condiciones mínimas necesarias de seguridad, estandarización, orden y limpieza.

#### **4.4.6 Cultura de Medición**

En vista de la necesidad de implementar procesos de medición en cada una de las etapas del proceso, se diseñó un sistema de medición para establecer indicadores de calidad y devoluciones internas en las diferentes etapas del proceso de fabricación de alcobas. Este sistema permite hacer seguimiento y control de los problemas que se presenten las diferentes áreas y a la vez determinar los respectivos planes de acción.

Para ello fue necesario el diseño del **“Formatos de devoluciones interna”** (ver Anexo 12). Este formato recoge la siguiente información: Área de producción en la cual se está realizando la inspección; El número de producción o número del lote; Fecha de la evaluación; Cantidad inspeccionada; Cantidad rechazada; Causales de devolución y Productos inspeccionados.

Con los resultados de los registros de las devoluciones internas se generan informes mensuales, en los cuales se identifican los motivos de devolución de mayor frecuencia, y a partir de allí se toman algunas acciones.

### **4.5 FASE 2. IDENTIFICACION**

#### **4.5.1 Identificación de Focos de Mejora**

Uno de los factores claves para la competitividad de las empresas en el sector madera y muebles es la calidad de los productos, y en este sentido la empresa fijó como meta lograr altos estándares de calidad en sus productos, lo cual se vea reflejado en altos volúmenes de ventas y bajas devoluciones por parte del cliente. Por esta razón, para la identificación de los focos de mejora se tomó como

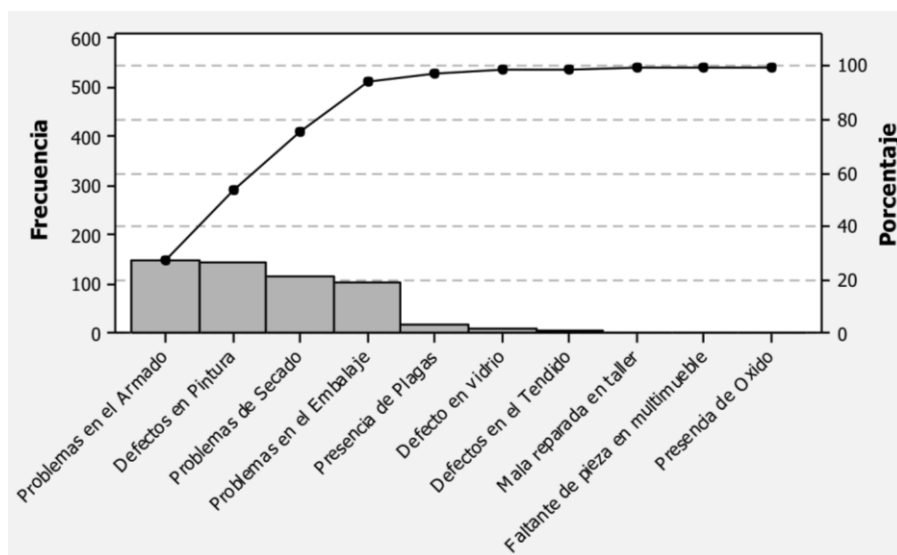
base la información relacionada con las devoluciones de productos del cliente final. Esta información es registrada por la empresa comercializadora y suministrada mes a mes a sus proveedores, con el fin de que estos tomen acciones en sus procesos de producción y para generar el cobro por los servicios de reparación generados; ya que la corrección de los problemas en el producto es realizada por una empresa externa dedicada a esta tarea.

El análisis se hizo desde dos perspectivas, la primera desde la perspectiva de problemas de calidad en el producto; esto para identificar cuáles son los defectos que se presentan con mayor frecuencia, y la segunda desde la perspectiva del producto, buscando identificar en cuales se presentan la mayor cantidad de no conformidades. La registros que se utilizaron, corresponden a las devoluciones presentadas entre el mes de enero de 2011 al mes de Abril de 2012.

#### 4.5.1.1 Análisis por Tipo de Defectos

En el anexo 13 se presenta la información del número de devoluciones presentadas por tipo de defectos, con esta información se identificaron los tipos de defectos que se presentan con mayor frecuencia. En la Figura 4-2 se puede observar que los defectos que tienen una mayor incidencia son los de: problemas en el armado (27,44%), defectos en pintura (26,51%), problemas de secado (21,17%) y los problemas en el embalaje del producto (19,15%).

**Figura 4-2. Pareto par Devoluciones por Tipo de Defecto**



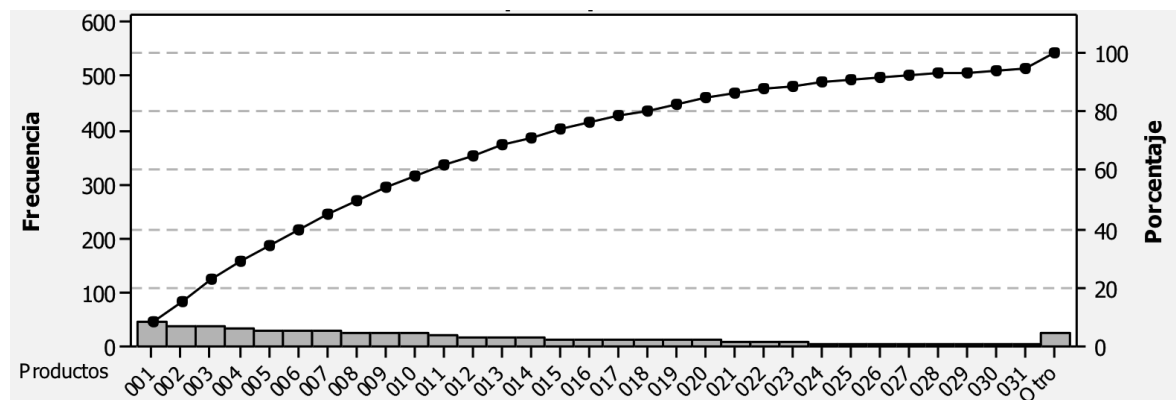
Fuente. Elaboración propia (2012)



#### 4.5.1.2 Análisis por Producto

En el Anexo 14 se presenta la información del número de devoluciones presentadas por producto, con esta información se identificaron cuáles son los productos que representan el mayor número de devoluciones (ver Figura 4-3).

Figura 4-3. Pareto para Devoluciones por Producto



Fuente. Elaboración propia (2012)

Observando el Pareto de la Figura 4-3 se puede observar que los productos con mayor devoluciones son:

- Alcoba 1:40 biella contemporaneo tintilla caramelo mate (8,47%)
- Alcoba 1:40 estrasburgo evolution contemporaneo tintilla caramelo mate (7,18%)
- Cama doble 1:40 bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate (7,18%)
- Tocador bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate (5,89%)
- Alcoba 1:40 liverpool contemporaneo tintilla caramelo mate (5,71%)
- Tocador biella contemporaneo tintilla caramelo mate (5,34%)
- Alcoba 1:40 obsesion contemporaneo tintilla caramelo mate (5,16%)
- Alcoba juvenil piacenza 1:00 contemporaneo tintilla caramelo mate (4,79%)
- Alcoba 1:60 estrasburgo evolution contemporaneo tintilla caramelo mate (4,42%)
- Alcoba 1:40 roset contemporaneo tintilla caramelo mate (4,24%)
- Alcoba 2:00 x 2:00 roset contemporaneo tintilla caramelo mate (3,87%)
- Alcoba 1:40 bellini contemporaneo tintilla caramelo mate (3,13%)
- Alcoba 2:00 x 2:00 estranburgo contemporaneo tintilla caramelo mate (3,13%)

- Cama doble 1:60 bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate (2,95%)
- Alcoba 2:00 x 2:00 bellini contemporaneo tintilla caramelo mate (2,58%)
- Alcoba juvenil optimiss 1:00 contemporaneo tintilla caramelo mate (2,21%)
- Cama doble 1:60 bellini contemporaneo tintilla caramelo mate (2,21%)
- Cama doble 1:60 biella contemporaneo tintilla caramelo mate (2,21%)

#### 4.5.1.3 Áreas, Procesos, Productos o Servicios a Intervenir

Teniendo en cuenta resultados obtenidos en los Pareto para tipos de defectos y para productos, se tomó la decisión de definir los focos de mejoras a partir de los tipos de defectos, por las siguientes razones:

- El 80% de los defectos está concentrado en cuatro (4) tipos de defectos, por lo cual será mejor concentrar los esfuerzos en estos pocos factores y a la vez obtener un impacto considerable en la reducción de las devoluciones y por ende la calidad del producto.
- En el caso de los productos el 80% de las devoluciones está concentrado en el 37% de estos (19 de 49 Productos) y los porcentajes de devoluciones no presentan diferencias significativas, por tanto no existe alguna familia de productos en particular que concentre gran cantidad de devoluciones, por lo cual es mejor abordar los problemas de calidad en los productos a partir de cada una de las etapas de los procesos de fabricación (Secado, Corte, Preparación, Pintura y Embalaje) a los cuales están asociados los tipos de defectos. Por todo lo anterior los **Focos de Mejora** se detallan a continuación:

**Tabla 4-2. Identificación de Focos de Mejora**

Focos de Mejora	Descripción	Procesos a Intervenir
Defectos en Pintura	Optimizar los procesos de pintura de las alcobas con el fin de mejorar la calidad de los productos y reducir los costos de procesamiento. Se deben revisar las técnicas y tecnologías de pintura, calidad de las pinturas, métodos de preparación de superficies, procedimientos de preparación de la pintura, entre otros aspectos.	Proceso de pintura Proceso de Preparación de Superficies
Problemas de Secado de la Madera	El proceso de secado proporciona a la madera las características de humedad requeridas en la fabricación de alcobas. Teniendo en cuenta que el proceso de secado de la madera es realizado por un proveedor externo, se debe trabajar desde dos frentes: primero en el proceso de inspección de la madera al momento de ingresar a la fábrica, y segundo en el proceso de secado que realiza el proveedor. Esto permitirá garantizar que la madera cumple con los parámetros de humedad requeridos.	Proceso de Inspección de la Madera (Materia Prima) Proceso de Secado (Trabajo conjunto con proveedores externos)

Focos de Mejora	Descripción	Procesos a Intervenir
Problemas en el Armado	La mayor parte de los problemas está centrada en la exactitud y concordancia en las dimensiones de los cortes, cuyo proceso es realizado de forma manual con ayuda de una máquina de corte. Otro problema se presenta en la colocación de herrajes y el proceso de armado.	Proceso de Corte Proceso de Armado
Problemas en el Embalaje de Productos	El embalaje protege al producto de golpes y rayones cuando es transportado, almacenado y manipulado antes de llegar al cliente final.	Proceso de Embalaje

Fuente. Elaboración Propia (2012)

## 4.5.2 Definición de Portafolio de Proyectos

### 4.5.2.1 Identificación de Proyectos de Mejora

Habiendo identificado los focos de mejora, se procedió a definir proyectos para aumentar la capacidad de los procesos: corte, secado y embalaje e inspección de la madera.

Para definir el listado de proyectos se conformó un equipo de trabajo compuesto por: el Gerente de la empresa, el jefe de producción, el inspector de calidad, un analista de producción, y el consultor Black Belt encargado del proyecto. Este equipo analizó los conceptos de las devoluciones, para identificar aspectos puntuales de los procesos susceptibles de mejora, y a partir de allí definir proyectos LSS. En la Tabla 4-3 se presenta la lista de proyectos.

**Tabla 4-3. Lista de Proyectos Lean Seis Sigma**

Nombre del Proyecto	Área-Proceso-Producto	Objetivo	Impacto en la Organización	Impacto en el Cliente
Disminución de las devoluciones de alcobas por pegas abiertas	Proceso de Armado de camas	Reducir el porcentaje de devoluciones debido a la presencia de pegas abiertas en las camas, a través de la mejora en los procesos de armado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción en los reprocesos para corregir los defectos de pegas abiertas</li> <li>- Disminución en los costos de materiales (pegantes y madera) y mano de obra requerida para corregir el defecto</li> </ul>	Disminución de quejas por mala calidad en el producto, debido a pegas abiertas ó efectos derivados de esta causa
Disminución de los reprocesos por mala colocación de herrajes	Proceso de Armado de la alcoba	Reducir el porcentaje de devoluciones por mala colocación de herrajes, a través de la mejora y estandarización de los procesos de armado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de los costos de material y mano de obra por reprocesos en la colocación de herrajes</li> <li>- Disminución de los tiempos de ciclo</li> <li>- Aumento de la capacidad de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento en el cumplimiento de las entregas</li> <li>- Mejora en la estética y funcionalidad del producto</li> </ul>

Nombre del Proyecto	Área-Proceso-Producto	Objetivo	Impacto en la Organización	Impacto en el Cliente
Disminución de las devoluciones de productos por presencia de manchas en la pintura	Proceso de Pintura	Reducir el porcentaje de devoluciones por presencia de manchas en la pintura, a través de la mejora de procesos de pintura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de los reprocesos para corrección de defectos de pintura</li> <li>- Disminución en los costos de mano de obra y materias primas necesarias para corregir los defectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora en la calidad de las superficies de las alcobas</li> </ul>
Disminución de las devoluciones de productos por madera rajada	Proceso de Inspección de la Madera	Reducir las devoluciones por presencia de madera rajada, a través de la mejora en los procesos de inspección y secado de la madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución en los costos de desperdicio de madera</li> <li>- Disminución en los costos de reprocesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora en la calidad, confiabilidad y condiciones de seguridad del producto</li> </ul>
Disminución de las devoluciones de productos por presencia de rayones en la superficie	Proceso de Pintura y Proceso de Embalaje	Reducir las devoluciones por presencia de rayones en la superficie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución en los costos de corrección de los defectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora de las características estéticas del producto</li> </ul>
Disminución de las devoluciones de gavetas defectuosas	Proceso de Corte de la Madera	Reducir el porcentaje de devoluciones de gavetas defectuosas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la Capacidad de Producción</li> <li>- Disminución en los costos de desperdicio de materiales y mano de obra invertido en las gavetas defectuosas</li> <li>- Mejoramiento de los procesos de corte de la madera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento en el cumplimiento de las entregas</li> <li>- Mejora en la estética y funcionalidad del producto</li> </ul>
Disminución de las devoluciones de productos por problemas en el acabado de la pintura	Proceso de Pintura	Reducir el porcentaje de devoluciones por problemas de acabado en la pintura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución en los costos de corrección de los defectos de pintura</li> <li>- Aumento de la capacidad de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento en el cumplimiento de las entregas</li> <li>- Mejora en la estética y funcionalidad del producto</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia (2012)

#### 4.5.2.2 Evaluación y Priorización de Proyectos

Los proyectos previamente definidos se llevan a la matriz de evaluación, cuyos resultados se tomaran como base para priorizar los proyectos. En la Tabla 4-4 se presenta la matriz de evaluación de proyectos.

**Tabla 4-4. Matriz de Evaluación de Proyectos Lean Seis Sigma**

Matriz de Evaluación de Proyectos							
Ponderación	25%	25%	20%	15%	10%	5%	Calificación Total
Criterios	Costos de Calidad	Impacto en el cliente	Inversión del Proyecto	Tiempo de Ejecución	Sistemas de medición	Causas	
Disminución de las devoluciones de alcobas por pegas abiertas	9	9	9	5	5	5	7,8
Disminución de los reprocesos por mala colocación de herrajes	5	1	9	9	5	5	5,4
Disminución de las devoluciones de productos por presencia de manchas en la pintura	9	5	1	1	1	1	4
Disminución de las devoluciones de productos por madera rajada	5	9	1	1	5	1	4,4
Disminución de las devoluciones de productos por presencia de rayones en la superficie	9	9	1	1	1	1	5
Disminución de las devoluciones de gavetas defectuosas	5	5	5	9	9	9	6,2
Disminución de las devoluciones de productos por problemas en el acabo	1	5	9	5	1	5	4,4
Guía de Calificación <sup>4</sup>							
Calificación	Costo de Mala Calidad Asociado	Impacto en el cliente	Inversión del Proyecto	Tiempo de Ejecución	Sistemas de medición	Causas	
1	Bajo	No genera impacto	Alta	Menos de 2 meses y más de 9 meses	No existe sistema de medición	Se conocen ampliamente las causas del problema	
5	Medio	Genera Impacto Indirecto	Media	De 2 a 4 meses o de 7 a 9 meses	Sistemas de medición incipiente, poco confiable y depende del criterio humano	Se conocen algunas causas pero aún no están validadas	
9	Alto	Impacta Directamente	Baja	Entre 4 y 7 meses	Se utilizan instrumentos de medición debidamente calibrados	No se conocen las causas del problemas	

Fuente. Elaboración propia (2012)

Basado en los resultados de la evaluación de los proyectos el equipo tomó las siguientes decisiones:

- Desarrollar para el año 2012 los siguientes proyectos:
  - *Disminución de las devoluciones de productos por pegas abiertas*
  - *Disminución de las devoluciones de gavetas defectuosas*
- Los proyectos relacionados con los procesos de pintura y secado de la madera se llevaran a ejecución en los años 2013 y 2014, en los cuales se jalonaran recursos externos, para financiar el acompañamiento de expertos en cada uno de los temas, ya que para optimizar los procesos de pintura y secado de la madera se requiere un gran conocimiento técnico, con el cual la empresa

no cuenta. Adicionalmente, para el proceso de secado se requiere trabajar con los proveedores externos en métodos de experimentación los cuales pueden resultar muy costosos.

## **4.6 FASE 3. EJECUCIÓN**

### **4.6.1 Proyecto 1. Disminución de las devoluciones por pegas abiertas**

Las pegas abiertas son defectos que se presentan mayormente en las cabeceras, largueros y pieceros de las camas. El primer proyecto que se desarrolló fue el de “Disminución de las devoluciones de productos por pegas abiertas”, llevándolo a cabo entre los meses de Abril y Agosto de 2012. El proceso de armado de las camas, es el que está directamente relacionado con los problemas de pegas abiertas en las alcobas. A continuación se presenta el desarrollo de cada una de las fases del proyecto.

#### **4.6.1.1 Etapa 1. Caracterización del Proyecto**

##### **Actividad 1. Project Charter**

La caracterización del proyecto se hizo de manera conjunta entre el Gerente General (Champions), el consultor Black Belt, el Green Belt, y dos ingenieros adicionales que desempeñaron el rol de apoyo para tareas de recolección de información, implementación, seguimiento y mantenimiento de las mejoras. Para definir el estado actual de los métricos, se tomaron datos de las devoluciones internas del último mes.

Para calcular los ahorros del proyecto se tomó como base el valor promedio de los servicios generados por pegas abiertas, que para este caso es de \$40.000 por servicio, y se determinó el ahorro por unidad como el 50% de este valor, ya que descuentan los costos del trámite de las devoluciones con el cliente externo (transportes y pago a proveedor externo de los servicios de reparación de defectos). A continuación, se presenta el Project Chárter que resume toda la información de la caracterización del proyecto.

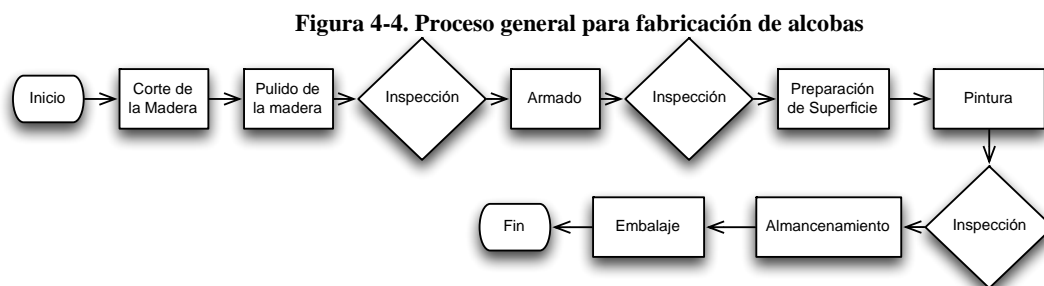
**Tabla 4-5. Project Charter - Proyecto Pegas Abiertas**

1. Identificación del Proyecto					
<b>Título:</b> Disminución de las devoluciones de productos por pegas abiertas					
<b>Declaración del Problema:</b> En el proceso de fabricación de alcobas uno de los aspectos claves es la calidad e integridad de las uniones que se hacen en el proceso de armado, actualmente la empresa ha venido enfrentando problemas por la gran cantidad de devoluciones debido a la presencia de pegas abiertas en los pieceros, largueros y cabeceras, cuyo indicador de devoluciones internas por este concepto se encuentra en 20,44%, donde actualmente la empresa produce un promedio de 866 entre pieceros, cabeceras y largueros, lo cual representaría un promedio de 177 unidades defectuosas por mes. Este problema de calidad genera un impacto en los costos de mala calidad para la empresa de aproximadamente \$3.540.000 mensuales. La empresa ha fijado como objetivo reducir las devoluciones por este concepto al 1%, lo cual generaría un ahorro en los costos de mala calidad de aproximadamente \$3.366.800 mensuales y \$32.088.000 anuales.					
<b>Objetivo:</b> Reducir el porcentaje de devoluciones debido a la presencia de pegas abiertas en las camas del 20,44% al 1%, a través de la mejora en los procesos de armado.					
<b>Alcance:</b> El proyecto estará en enfocado en identificar los factores que generan los problemas de pegas abiertas en el producto y definir las acciones necesarias para disminuir las devoluciones por este concepto.					
<b>Impacto en la Empresa:</b> Reducción en los reprocesos para corregir los defectos de pegas abiertas y Disminución en los costos de materiales (pegantes y madera) y mano de obra requerida para corregir el defecto					
<b>Impacto en el Cliente:</b> Disminución de las quejas de los clientes por mala calidad en el producto, debido a pegas abiertas ó efectos derivados de esta causa.					
<b>Área:</b> <u>Producción</u> <b>Proceso:</b> <u>Armado</u> <b>Producto:</b> <u>Camas</u> <b>Ahorro Proyectado:</b> <u>\$32.088.000 anuales</u>					
2. Equipo del Proyecto					
<b>Champion:</b> Gerente General		<b>Black Belt:</b> Heriberto Felizzola Jiménez		<b>Green Belt:</b> - Karen Vergara - Elkin Hernandez	
				<b>Personal de Apoyo:</b> - Jefe de Producción - Inspector de Calidad	
3. Métricas del Proyecto					
<b>Métricas Operacionales:</b> - % Devolución por Pegas Abiertas (Semanal) - Actual: 20,44% - Objetivo: 1,00%		<b>Métricas financieras:</b> - Costos de Mala Calidad (\$ 20.000 por cada unidad que se reprocesa) - Actual: \$3.540.000 Mensual - Objetivo: \$173.200 Mensual		<b>Métricas Lean Seis Sigma:</b> - DPO: 0,2044 - DPMO: 204.338 - Nivel Sigma: 2,30	
4. Cronograma del Proyecto					
<b>Duración</b>	5 Meses	<b>Fecha de Inicio</b>	12 de Abril de 2012	<b>Fecha de Finalización</b>	12 de Septiembre de 2012
<b>Fases</b>	<b>Actividades</b>		<b>Herramientas</b>	<b>Inicio-Fin</b>	<b>Responsable</b>
<b>Definir</b>	1. Caracterizar el Proyecto 2. Analizar el proceso de Armado 3. Definir las variables de Proceso de Armado		Project Charter Mapa de Proceso	Inicio: 12-04-2012 Fin: 30-04-2012	Champions Black Belt Green Belt
<b>Medir</b>	1. Analizar el proceso de inspección 2. Definir plan de recolección de datos 3. Definir línea base		- Análisis de Concordancia de Atributos - Plan de recolección de datos - Formato línea Base	Inicio: 01-05-2012 Fin: 15-05-2012	Green Belt Personal de Apoyo
<b>Analizar</b>	1. Identificar causas 2. Validar causas 3. Priorizar causas		- Isikawa - Análisis de datos categóricos	Inicio: 16-05-2012 Fin: 16-06-2012	Black Belt Jefe de Producción
<b>Mejorar</b>	1. Definir acciones de mejora 2. Implementar acciones de mejora 3. Validar Resultados		- Plan de Implementación de Mejoras - Auditoria de Proyecto LSS	Inicio: 17-06-2012 Fin: 30-07-2012	Black Belt Green Belt Jefe de Producción
<b>Controlar</b>	1. Estandarizar el proceso 2. Definir mecanismos de seguimiento y control 3. Cerrar Proyecto		- Entrenamiento - Cartas de control - Informe de Cierre del Proyecto LSS	Inicio: 01-08-2012 Fin: 12-09-2012	Green Belt Jefe de Producción

Fuente. Elaboración propia (2012)

## Actividad 2. Analizar el proceso de armado de pieceros, cabeceras y largueros, definir las variables y las métricas del proceso

Para el análisis del proceso de armado primero se hizo una visita al área de producción, en el cual, el jefe de producción explico todos los pasos del proceso. Con base en la información suministrada se procedió a construir el mapa de proceso, y de esta forma identificar las etapas del proceso, sus responsables y las variables. Las métricas del proceso se detallan en el Project Charter, y básicamente son: el porcentaje de devoluciones debido al hallazgo de pegas abiertas y el costo que esto genera. En la Figura 4-4 se presenta un esquema general en proceso de fabricación de alcobas y en la Tabla 4-6 una lista de variables involucradas en el proceso de armado de pieceros, cabecera y largueros.



Fuente. Elaboración propia (2012)

**Tabla 4-6. Variables proceso de armado de pieceros, cabecera y largueros**

Variables			
Dispositivos para el ensamble	Conocimiento y experiencia del operario de ensamble	Insumos para el ensambles	Tiempo de secado
Herramientas para el proceso de armado	Ergonomía del área.	Estandarización del proceso de armado	Organización del área de trabajo
Utilización de cartas de producción	Mantenimiento de herramientas de ensamble	Utilización de sistemas de prensado	Condiciones de iluminación, temperatura, ruido
Instrumentos de medición	Calidad de los insumos	Equipos de medición	Tipos de Unión
Tiempo de prensado	Humedad de la madera		

Fuente. Elaboración propia (2012)

### 4.6.1.2 Etapa 2. Definición de línea base

#### Actividad 1. Validar Sistema de Medición

Para evaluar la conformidad de cada uno de los componentes de la alcoba en el área de armado, el inspector de calidad encargado realiza una inspección visual sobre el producto, para identificar si presenta problemas en el armado, una de las características evaluadas es la presencia de pegas abiertas, si esto se presenta, inmediatamente el defecto debe ser corregido. Teniendo en cuenta que



la inspección que se hace está basada en evaluación de atributos del producto, la herramienta adecuada para evaluar la efectividad del método de inspección utilizado, es el análisis de concordancia de atributos, a través del cual se evalúa:

- *Consistencia en los criterios de inspección de un inspector de calidad*, para esto cada inspector debe evaluar un mismo producto más de una vez (sin que este pueda identificar de que producto se trata), y en esto se observa si entrega el mismo concepto las diferentes veces que evaluó el producto.
- *Nivel de acuerdo entre los diferentes inspectores de calidad*, esto con el fin de evaluar si los inspectores están utilizando los mismos criterios o hay congruencia entre ellos para evaluar el producto.
- *Nivel de concordancia de cada inspector con respecto a un estándar*, esto permite verificar que los criterios de cada inspector están ajustados a estándares previamente establecidos.
- *Nivel de concordancia entre los inspectores con respecto a un estándar*

Para el estudio se diseñó un experimento donde se tomaron 20 unidades aleatoriamente y dos inspectores de calidad, a cada uno se les pidió que inspeccionaran cada unidad y verificaran si presentaban pegas abiertas, cada unidad fue inspeccionada dos veces por cada evaluador. En el anexo 16 se presentan los resultados del estudio. Basado en los resultados del estudio se pueden sacar las siguientes conclusiones:

1. Con respecto a la Consistencia en los criterios de inspección de un inspector de calidad, se puede decir que existe una concordancia alta, 85% para el inspector 1 y 95% para el inspector, lo cual muestra que cada inspector utiliza los mismos criterios para evaluar cada pieza.
2. El nivel de concordancia en los criterios de inspección entre los diferentes inspectores de calidad es de 80%, indica que el nivel de acuerdo es substancial, por lo cual se puede inferir que en la mayoría de los casos los inspectores coinciden en los conceptos entregados.
3. Para el nivel de concordancia de cada inspector con respecto a un estándar, los resultados de 70% para el inspector 1 y 80% para el inspector 2, indican que el inspector 1 e inspector 2 tiene un acuerdo moderado con respecto a la calificación estándar, por esta razón se puede inferir que en algunos casos los criterios utilizados para la inspección no son los correctos, y según los resultados

del estudio esto se debe a que los inspectores se equivocan mayormente al calificar componentes como aceptables cuando realmente presentan problemas de pegas abiertas; esto puede explicar el alto volumen de devoluciones del cliente externos por este problema.

4. El nivel de exactitud general es del 82,5% con el cual se puede afirmar que la sistema de evaluación de los inspectores tienen un buen comportamiento, aunque se propone revisar el proceso de inspección, definir criterios claros para la identificación de pegas abiertas y capacitar a los inspectores para aumentar su nivel de efectividad en la inspección, ya que existe un porcentaje importante de unidades no conformes clasificadas como aceptables y la tasa de error general se ubica en el 17,5%.

## Actividad 2. Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos se definió para hacer seguimiento periódico a las métricas: porcentaje de devoluciones por pegas abiertas, DPMO y el Nivel Sigma. Para calcular el costo de reparación por pegas abiertas, se estableció un valor unitario promedio y se multiplicó por el número de devoluciones, en la Tabla 4-7 se presenta el plan de recolección de datos.

**Tabla 4-7. Plan de Recolección de datos - Proyecto Pegas Abiertas**

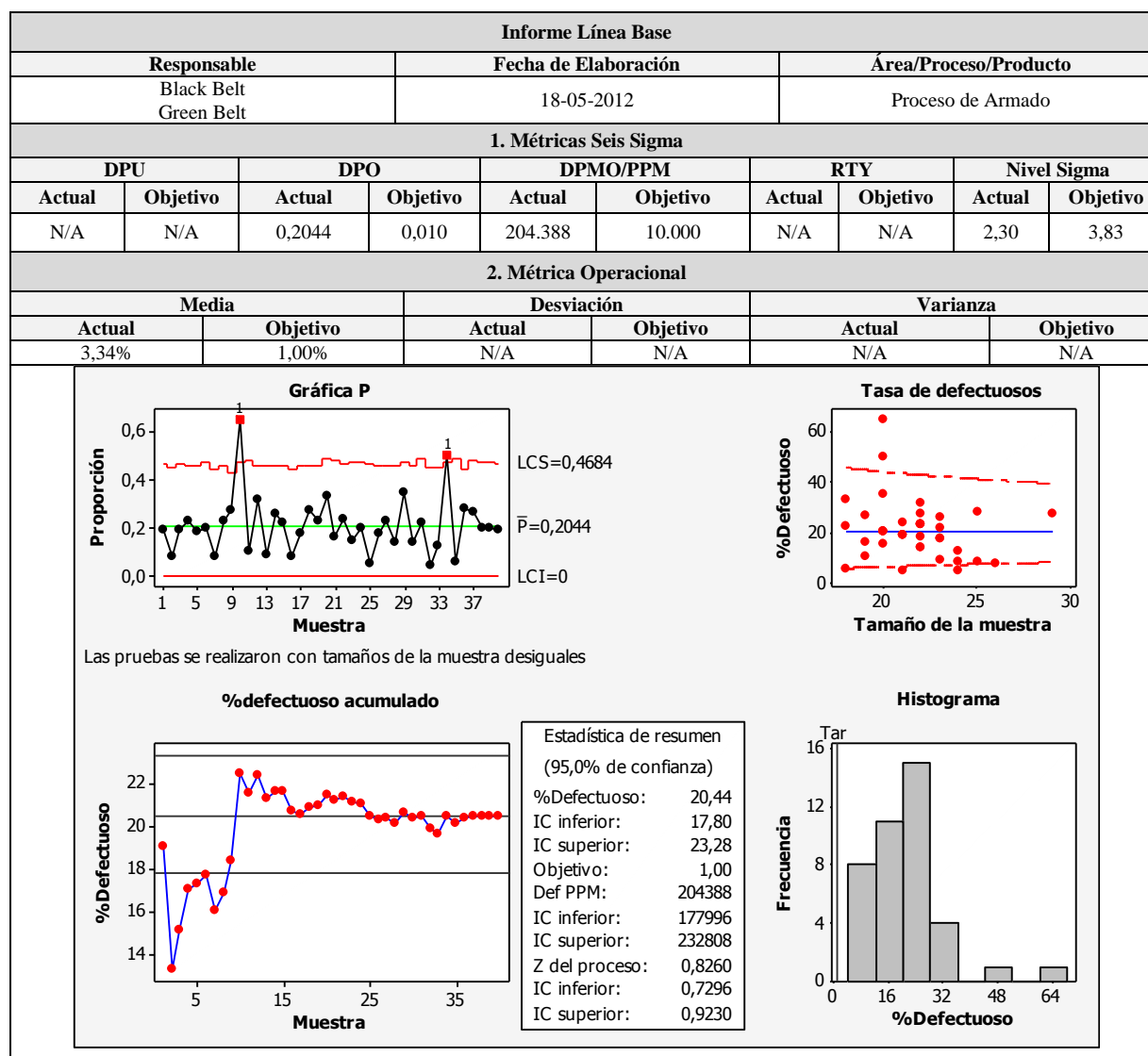
Plan de Recolección de Datos						
Métricas (Y) <sup>1</sup>	Unidad/ Formula	Fuente	Tamaño de la Muestra	Responsable de la Toma de Datos	Periodicidad de la Toma de Datos	Método de Toma de Datos
<b>Devoluciones por Pegas Abiertas</b>	<b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Formula:</b> Dev = D/T	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Green Belt	Diario	Observación directa
<b>Costos de Reparación por Pegas Abiertas</b>	<b>Unidad:</b> Pesos Colombianos <b>Formula:</b> Cost = D×CU	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Green Belt	Semanal	Observación directa
<b>DPMO</b>	<b>Unidad:</b> N/A <b>Formula:</b> DPMO = Dev×10 <sup>6</sup>	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Black Belt	Semanal	Observación directa
<b>Nivel Sigma</b>	<b>Unidad:</b> N/A <b>Formula:</b> Norm.Inv(1 - Dev)	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Black Belt	Semanal	Observación directa
Dev: % devoluciones por pegas abiertas, D: Número de Unidades Devueltas(se cuentan el número de cabeceras, piceros, largueros inspeccionados), T: Total de unidades Inspeccionadas, Cost: Costo de las devoluciones por pegas abiertas, CU: Costo Unitario de Devoluciones por pegas abiertas, Norm.Inv: Distribución Normal Estandar Invertida						

Fuente. Elaboración propia (2012)

### Actividad 3. Definición de Línea Base

Para definir la línea se tomaron los registros de las devoluciones en el área de armado de los últimos dos meses, y con base en esta información se hizo una estimación de los métricos del proyecto y se realizó un análisis estadístico el cual se detalla a continuación, en la Tabla 4-8 se presenta el informe de línea base.

Tabla 4-8. Informe Línea Base - Proyecto Pegas Abiertas



Fuente. Elaboración propia (2012)

Con base en los resultados obtenidos en el informe de línea base se pueden generar las siguientes conclusiones:

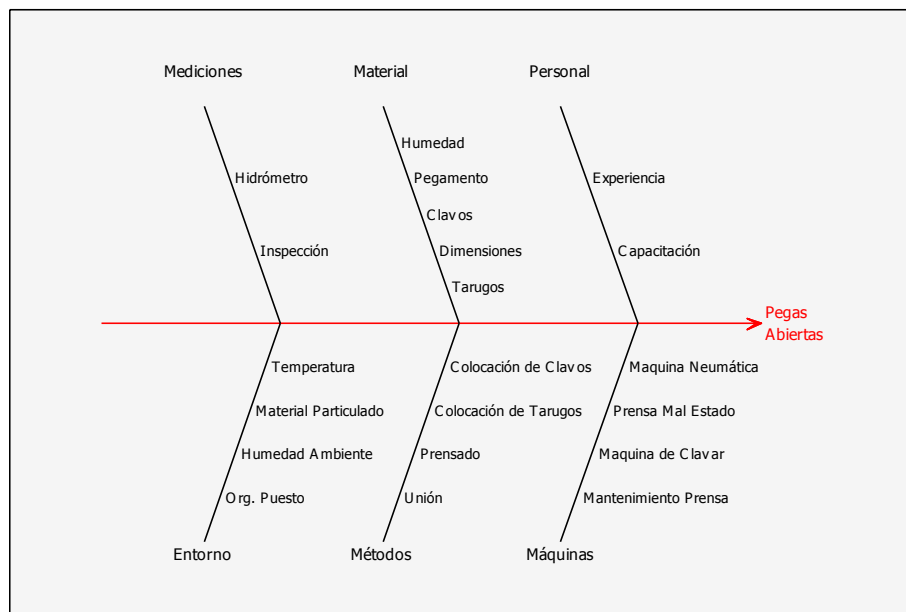
- El grafico de porcentaje acumulado indica que los datos históricos tomados para el cálculo del métrico son suficientes, ya que los puntos se estabilizan alrededor de 20,44%
- La grafica de tasa de defectos muestran que el porcentaje de defectos por pegas abiertas no depende del tamaño del lote producido.
- El grafico de control muestra que existen lotes que mostraron un comportamiento atípico. Pero no existen argumentos suficientes para dudar de la estabilidad del porcentaje de devoluciones.

#### 4.6.1.3 Etapa 3. Identificación de Causa Raíz

##### Actividad 1. Identificación de Causas

Para identificar las causa raíz de los problemas de pegas abiertas se conformó un equipo de trabajo entre los cuales estaba: el Jefe de Producción, Operarios encargados del proceso, el Inspector de Calidad, el Black Belt y el Green Belt. Se utilizó el diagrama de Isikawa como herramienta para identificar cada una de las causas, las cuales se clasificaron en seis (6) categorías: Mano de obra, Materiales, Métodos, Maquinas, Mediciones y Ambiente de trabajo. En la tabla 4-9 se presenta una descripción de las causas potenciales identificadas y en la Figura 4-5 su respectivo diagrama de Isikawa.

**Figura 4-5. Diagrama de Isikawa - Proyecto Pegas Abiertas**



Fuente. Elaboración propia (2012)

**Tabla 4-9. Identificación de Causa Raíz - Proyecto Pegas Abiertas**

Identificación de Causas			
Categoría	Causa	Descripción	Método de Análisis
Mano de Obra	Experiencia	Nivel de experiencia del operario	Tabla de Contingencia – Prueba de Asociación
Mano de Obra	Capacitación	Nivel de Capacitación o Formación	Tabla de Contingencia – Prueba de Asociación
Material	Humedad	Humedad de la madera	Prueba de Hipótesis
Material	Pegamento	Calidad de Pegamento	Variable no Controlable
Material	Clavos	Calidad de los clavos	Variable no Controlable
Material	Dimensiones	Piezas de Madera Mal Dimensionadas	Revisar procedimiento
Material	Tarugos	Calidad de los tarugos	Variable no Controlable
Mediciones	Hidrómetro	Uso inadecuado del hidrómetro	Revisar procedimiento
Mediciones	Inspección	Falta de estandarización en la inspección	Revisar procedimiento
Maquinas	Mantenimiento Prensa	Falta de Mantenimiento de la prensa	Revisar procedimiento
Maquinas	Máquina de Clavar	Maquina en mal estado	Revisar procedimiento
Maquinas	Prensa Mal Estado	Maquina en mal estado	Revisar procedimiento
Maquinas	Maquina Neumática	Falta de presión de aire en maquina neumática	Revisar procedimiento
Métodos	Unión	Mecanismo utilizado para unir las piezas (Prensado o Clavos y Pegamento)	Tabla de Contingencia – Prueba de Asociación
Métodos	Prensado	Tiempo de Prensado	Prueba de Hipótesis
Métodos	Colocación de Tarugos	Mala Colocación de Tarugos	Revisar procedimiento
Métodos	Colocación de Clavos	Mala Colocación de Clavos	Revisar procedimiento
Ambiente de Trabajo	Org. Puesto	Organización del puesto de trabajo	5S
Ambiente de Trabajo	Humedad Ambiente	Humedad en el ambiente	Variable no Controlable
Ambiente de Trabajo	Material Particulado	Presencia de Material Particulado	5S
Ambiente de Trabajo	Temperatura	Temperatura Ambiente	Variable no Controlable

Fuente. Elaboración propia (2012)

## Actividad 2. Analizar y Validar Causas

Para realizar los análisis estadísticos se seleccionaron aleatoriamente 120 unidades (distribuidas entre piceros, cabeceras y largueros), y se realizó un proceso de seguimiento en el área de armado, registrando para cada unidad: tipo de componente, presencia de pegas abiertas, operario que la elaboro en el área de armado, humedad de la madera, tipo de unión, tiempo de prensado. Los resultados completos se presentan en el Anexo 16 y un resumen de ellos se presentan en la tabla 4-10.

**Tabla 4-10. Análisis de Causas - Proyecto Pegas Abiertas**

Causa	Tipo de Análisis	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Tipo de Operario	Tabla de Contingencia – Prueba Chi-cuadrado	Evaluar si existe asociación entre el tipo de operario y la existencia de pegas abiertas	Chi-cuadrada de Pearson = 0,556. GL = 2. Valor P = 0,757  Chi-cuadrada de la tasa de verosimilitud = 0,555. GL = 2. Valor P = 0,758	Con un nivel de confianza del 95% se puede decir que no existe asociación, por tanto se infiere que el tipo de operario no influye en la presencia o no de pegas abiertas. El tipo de operario está referido al nivel de experiencia y capacitación
Unión	Tabla de Contingencia – Prueba Chi-cuadrado	Evaluar si la tipo de unión tiene influencia sobre la presencia de pegas abiertas	Chi-cuadrada de Pearson = 8,533. GL = 1. Valor P = 0,003  Chi-cuadrada de la tasa de verosimilitud = 8,825. GL = 1. Valor P = 0,003	Con un nivel de confianza del 95% se puede decir que si existe asociación, por tanto se infiere que el tipo de unión si influye en la presencia de pegas abiertas. Dando mejores resultados las uniones prensadas.
Tiempo de Prensado	Prueba t para dos muestras	Evaluar si el tiempo promedio de prensado es diferente entre las partes que presentan pegas abiertas y las que no presentan	Valor T = 4,49 Valor P = 0,000 GL = 25	Con un nivel de confianza del 95% se puede decir que el tiempo promedio si es diferente, por lo tanto se infiere que el tiempo de prensado si influye en la presencia de pegas abiertas. Un tiempo de prensado superior a 6 horas genera los mejores resultados.
Humedad de la Madera	Prueba t para dos muestras	Evaluar si la humedad promedio de la madera es diferente entre las partes que presentan pegas abiertas y las que no presentan	Valor T = -8,70 Valor P = 0,000 GL = 118	Con un nivel de confianza del 95% se puede decir que la humedad promedio si es diferente, por tanto se infiere que la humedad influye en la presencia de pegas abiertas. Una humedad entre 11%-13% genera los mejores resultados.

Fuente. Elaboración propia (2012)

### Actividad 3. Seleccionar Causas a Trabajar

Los resultados del análisis estadísticos arrojaron que las causas que influyen sobre la presencia de pegas abiertas son: el Tipo de Unión, el tiempo de secado y la humedad de la madera, por esta razón en la fase de mejora se definirán estrategias para trabajar cada una de estas causas. Adicionalmente, en el plan de acción se incluirá la revisión de los procedimientos asociados a las causas que no fueron validadas estadísticamente. Para las causas que tienen relacionada como herramienta de análisis las 5S, algunas de estas ya están incluidas en el plan de acción presentado en el Anexo 11.

#### 4.6.1.4 Etapa 4. Definición de acciones de mejora

##### Actividad 1. Definir Acciones de Mejora

En el plan implementación de mejoras para pegas abiertas se definió con base en las causas identificadas en la fase anterior, como implementación inmediata se propone a la gerencia los siguiente:

- Utilizar el prensado como método de unión para los piceros, cabeceras y largueros
- Definir un esquema para el control del tiempo de prensado para que este no sea inferior a 6 horas
- Definir un proceso de inspección y control de la humedad de la madera, para evitar que se utilice madera con una humedad inferior a 11% y superior a 13%

**Tabla 4-11. Plan de Implementación - Proyecto Pegas Abiertas**

Plan de Implementación de Mejoras para Pegas Abiertas					
1. Información General					
Proceso/Servicio		Armado		Fecha de Elaboración	
Equipo de Trabajo		Black Belt Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo		Fechas de Auditorias	
				19-06-2012	
				15-07-2012	
2. Plan de Implementación					
Problema/ Causa	Acción de Mejora	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Responsable <sup>4</sup>	Recursos/ Herramientas
Tipo de Unión	Utilizar el prensado como método de unión	20-06-2012	15-07-2012	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Prensas
Tiempo de Prensado	Implementar un método de control del tiempo de prensado, para asegurar que sea mayor a 6 horas	20-06-2012	15-07-2012	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Fichas de control de tiempo de prensado
Humedad de la madera	Implementar un método de control de la humedad de la madera para garantizar que se encuentre entre 11%-13%	25-06-2012	30-07-2012	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Hidrometro
Procedimientos	Revisar procedimientos del proceso de armado	20-06-2012	15-07-2012	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Manuales de procedimientos

Fuente. Elaboración propia (2012)

## Actividad 2. Seguimiento al Plan de Acción y Validación de Resultados

El primer seguimiento al plan de acción arrojó los siguientes resultados:

- Se implementó el cambio en el método de unión y el control sobre el tiempo de prensado, aunque en algunos casos para cumplir con el plazo de entrega de los pedidos, no se ha podido controlar efectivamente el tiempo de prensado, que se propone debe ser mayor a 6 horas.
- Se estipuló como política el mantenimiento autónomo para cada una de las máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de armado de los largueros piecero y cabeceras, por lo tanto cada operario debía realizar todos los días un mantenimiento básico de las máquinas y herramientas que utiliza.
- Hasta la fecha Persistían las dificultades para controlar la humedad de la madera ya que este es un factor que depende del proceso de sacado de la madera, el cual es realizado por un proveedor externo. Por esta razón, se decidió abordar esta causa a través de otro proyecto que se realizaría con los proveedores del proceso de secado de la madera.

**Tabla 4-12. Comportamiento de las Métricas - Proyecto Pegas Abiertas**

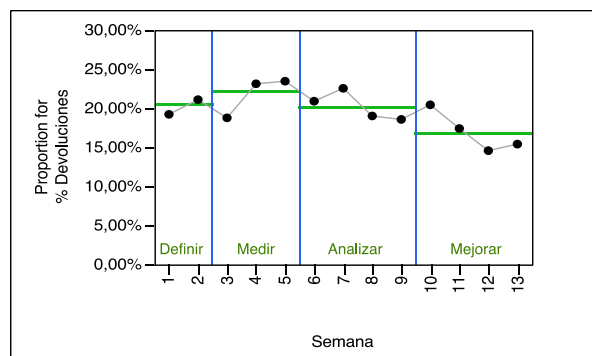
Periodo		Métricas		
Etapas	Semana	%Devoluciones por pegas abiertas	PPM	Nivel Sigma
Definir	1	19,21%	31.000	0,870
	2	21,09%	34.000	0,803
Medir	3	18,76%	32.000	0,887
	4	23,12%	29.000	0,735
	5	23,45%	36.000	0,724
Analizar	6	20,89%	40.000	0,810
	7	22,54%	30.000	0,754
	8	19,00%	34.000	0,878
	9	18,56%	40.000	0,894
Mejorar	10	20,43%	28.000	0,826
	11	17,40%	25.000	0,938
	12	14,56%	24.000	1,055
	13	15,40%	20.000	1,019

Fuente. Elaboración propia (2012)

En la se Tabla 4-12 presenta un resumen del estado de las métricas del proyecto hasta la fecha, Pero cabe resaltar, que algunas de las acciones no se pudieron implementar con la efectividad requerida, por las siguientes razones: Falta de compromiso con los cambio por parte del jefe de producción; Falta de capacitación y entrenamiento en los operarios con respecto a los cambios propuestos y en algunos casos, la urgencia con la que se deben entregar algunos pedidos hace que no se sigan los lineamientos establecidos, afectando esto la calidad del producto.



**Figura 4-6. Comportamiento del Porcentaje de Devoluciones - Proyecto Pegas Abiertas**



Fuente. Elaboración propia (2012)

La Figura 4-6 muestra un leve aumento en el fase medición que pudo ser en parte por el ajuste en el proceso de inspección, lo cual genero un comportamiento más riguroso en las evaluaciones. Ya para las últimas tres semanas se puede observar un descenso de aproximadamente 5 puntos porcentuales en el porcentaje de devoluciones, con un promedio de 15,79%, valor que se ubica por fuera del intervalo de confianza establecido para este indicador en la línea base (IC inferior:17,80%, IC Superior: 23,28%), por lo que se puede inferir que las estrategias implementadas han generado impacto positivo y significativo sobre las devoluciones por pegas abiertas.

#### **4.6.1.5 Etapa 5. Mantenimiento y Control**

##### **Actividad 1. Mecanismos de control de las mejoras**

Como mecanismo la el mantenimiento de las mejoras implementadas se propusieron las siguientes estrategias:

- Utilizar una gráfica de control P, para hacer seguimiento al porcentaje de devolución por pegas abiertas. El registro de las devoluciones se haría diariamente.
- Realizar auditorías mensuales, para hacer seguimiento sobre el problema de pegas abiertas, las posibles causas y las mejoras alcanzadas.
- Implementar la gerencia visual en el área de armado para que el jefe de producción y los operarios del área puedan hacer seguimiento constante sobre los métricos relevantes del área.
- Capacitar a los operarios en los procedimiento y métodos de trabajo propuestos.

- Crear planes de incentivos en las áreas donde se logren mejoras sustanciales en los porcentajes de devoluciones asociadas a sus procesos e impulsar el compromiso con la calidad.

## Actividad 2. Cierre del Proyecto.

Para realizar el informe de cierre del proyecto se toma como base el formato A3; un formato utilizado por el Sistema de Producción Toyota para comunicar los resultados alcanzados en la realización de un proyecto de mejora.

En este formato se consigna información relevante y de interés para la Gerencia como los objetivos, la situación antes y después del, las acciones propuestas y su respectivo seguimiento, así como las conclusiones, recomendaciones y lecciones aprendidas.

**Tabla 4-13. Informe de Cierre de Proyecto - Proyecto Pegas Abiertas**

Proyecto 1. Disminución de las devoluciones de productos por pegas abiertas		
1. Definición del Problema		
<b>Objetivo:</b> Reducir el % de devoluciones debido a la presencia de pegas abiertas en las camas del 20,44% al 1%, a través de la mejora en los procesos de armado. <b>Equipo:</b> Gerente General, Black Belt, Green Belt y Personal de Apoyo		
2. Situación Inicial Vs Situación Actual		
<b>Situación Inicial</b> % Devoluciones: 20,44% IC Inferior: 17,80% IC Superior: 23,28% PPM: 204.338 Nivel Sigma: 2,30 Costo de Mala Calidad: \$3.540.000 Mensual Ahorro Proyectado: \$32.088.000 anuales. Tasa de Error del Sistema de Medición: 17,5%	<b>Situación Actual</b> % Devoluciones: 11,71% Cambio Significativo: Si PPM: 117.100 Nivel Sigma: 2,70 Costo de Mala Calidad: \$2.028.000 Mensual Ahorro Proyectado: 18.000.000 Anuales	<b>Impacto en el Desempeño del Proceso</b> 
3. Análisis de Causa Raíz		
<b>Causas Potenciales</b> 		<b>Causas Principales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo Unión:</li> <li>- Tiempo de Prensado</li> <li>- Humedad de la Madera</li> <li>- Métodos de Trabajo</li> <li>- Métodos de Inspección</li> </ul>

4. Plan de Acción				
Problema/Causa	Acción de Mejora	Responsable	Recursos/Herramientas	Seguimiento
Tipo de Unión	Utilizar el prensado como método de unión	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Prensas	Se implementó el cambio en el método de unión
Tiempo de Prensado	Implementar un método de control del tiempo de prensado, para asegurar que sea mayor que 6 horas	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Fichas de control de tiempo de prensado	Se implementó el control sobre el tiempo de prensado, aunque en algunos casos por cumplimiento con los tiempos de entregas se no se ha podido cumplir
Humedad de la madera	Implementar un método de control de la humedad de la madera para garantizar que se encuentre entre 11%-13%	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Hidrometro	Hasta la fecha Persisten las dificultades para controlar la humedad de la madera, es una variable que se debe trabajar con el proveedor
Procedimientos	- Mantenimiento Autónomo - Entrenar a los operarios nuevos - Estandarizar el procedimiento de inspección	Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo	- Manuales de procedimientos	- Algunos operarios hacen mantenimiento autónomo - Aun no se ha establecido un proceso de entrenamiento para operarios nuevos - Se mejoró el método de inspección
5. Acciones Futuras			6. Conclusiones y Reflexiones	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar carta de control P para % Devoluciones</li> <li>- Implementar la gerencia visual</li> <li>- Auditoria Mensual de Seguimiento sobre las acciones implementadas y los resultados operacionales (% Devoluciones) y Financiero (Costos de Mala Calidad)</li> <li>- Crear planes de incentivos por reducción en las devoluciones</li> <li>- Crear proceso de entrenamiento para operarios nuevos</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- La alta rotación de personal dificulta en gran manera la implementación de las acciones propuestas, y por tanto esto no ha permitido mejorar los resultados, en este caso alcanzar disminuir las devoluciones al 1%</li> <li>- La gerencia se debe involucrar más en el impulso de las acciones de mejora</li> <li>- El mejorar las condiciones del ambiente de trabajo puede potenciar y fortalecer las mejoras implementadas</li> </ul>	

Fuente. Elaboración propia (2012)

#### 4.6.2 Proyecto 2. Disminución de las devoluciones por Gavetas defectuosas

Las gavetas son componentes que se utilizan en los nocheros, tocadores y en algunos pieceros de las camas. Las devoluciones por defectos en gavetas es un aspecto crítico, ya que su corrección resulta costosa, por los desperdicios en materiales y tiempo que esto genera.

Actualmente, las devoluciones son elevadas, tal como lo evidencian los registros de devoluciones internas y los registros por devoluciones del cliente final, por lo cual, la empresa decidió centrar sus esfuerzos en darle solución a este problema, a través de la mejora de los procesos relacionados con la presencia de este defecto. A continuación se presenta el detalle de cada una de las actividades del proyecto LSS que se desarrolló para darle solución a esta problemática.

##### 4.6.2.1 Etapa 1. Caracterización del Proyecto

##### Actividad 1. Caracterización del Proyecto

En primer lugar se desarrollo la planeación del proyecto utilizando el formato del Project chárter. Con la ayuda de esta herramienta se pudieron definir objetivos, actividades claves, ahorros proyecto, y toda la información necesaria para caracterizar el proyecto. En la Tabla 4-14 se presenta la planeación del proyecto.

**Tabla 4-14. Project Charter - Proyecto Gavetas Defectuosas**

1. Identificación del Proyecto					
<b>Título:</b> Disminución de las devoluciones por gavetas defectuosas					
<b>Declaración del Problema:</b> Los procesos de corte y armado son los encargados de garantizar que las gavetas posean las especificaciones requeridas, para un correcto acople en los nocheros, tocadores y pieceros de algunas camas. Actualmente, la empresa ha identificado que las devoluciones por defectos en las gavetas esta en promedio en un 15,59%, lo cual se considera bastante crítico, por los costos que esto representa en cuanto a tiempo y material desperdiciado. Los costos de mala por cada gaveta defectuosa es de \$14.000 y esto representa un costo promedio mensual de \$4.914.000. Por esta razón la empresa ha decidido enfocar sus esfuerzo en las áreas de corte y armado para: reducir los defectos por este concepto al 1%, disminuir los costos de mala calidad a un promedio de \$315.280 por mes; lo cual generaría un ahorro anual estimado en \$55.184.000, y en cuanto al cliente externo generar una disminución en las quejas generadas por la presencia de defectos en las gavetas.					
<b>Objetivo:</b> Disminuir el porcentaje de devoluciones por gavetas defectuosas, a través del mejoramiento de los procesos de corte y armado.					
<b>Alcance:</b> En el proyecto se trabajara únicamente con las causas que pudieran generar los problemas en las gavetas					
<b>Impacto en la Empresa:</b> Disminución de los costos por mala calidad, disminución de los costos de producción, disminución de los tiempos de ciclo y aumento de la capacidad de producción.					
<b>Impacto en el Cliente:</b> Disminución de las quejas de los clientes por defectos en las gavetas					
<b>Área:</b> <u>Producción</u> <b>Proceso:</b> <u>Corte y Armado</u> <b>Producto:</b> <u>Camas</u> <b>Ahorro Proyectado:</b> <u>\$55.184.000 Anual</u>					
2. Equipo del Proyecto					
<b>Champion:</b> Gerente General		<b>Black Belt:</b> Heriberto Felizzola Jiménez		<b>Green Belt:</b> - Karen Vergara - Elkin Hernandez	
				<b>Personal de Apoyo:</b> - Jefe de Producción - Inspector de Calidad	
3. Métricas del Proyecto					
<b>Métricas Operacionales:</b> - % de Devolución por defectos en las gavetas - Actual: 15,59% - Objetivo: 1%		<b>Métricas financieras:</b> - Costos Semanales de las devoluciones por gavetas defectuosas (\$14.000 por unidad) - Actual: \$4.914.000 - Objetivo: \$315.280		<b>Métricas Lean Seis Sigma:</b> - DPO: 0,1559 - DPMO: 155.861 - Nivel Sigma: 2,51	
4. Cronograma del Proyecto					
<b>Duración</b>	6 Meses	<b>Fecha de Inicio</b>	1 Mayo de 2012	<b>Fecha de Finalización</b>	1 Octubre de 2012
<b>Fases</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramientas</b>		<b>Inicio-Fin</b>	<b>Responsable</b>
Definir	1. Caracterizar el Proyecto 2. Analizar el proceso de Corte y definir las variables 3. Analizar el proceso de Armado y definir las variables	- Project Charter - Mapa de Proceso		Inicio: 01-05-2012 Fin: 30-05-2012	Champions Black Belt Green Belt
Medir	1. Analizar el proceso de inspección 2. Definir plan de recolección de datos 3. Definir línea base	- Análisis de Concordancia de Atributos - Plan de recolección de datos - Formato línea Base		Inicio: 01-06-2012 Fin: 20-06-2012	Green Belt Personal de Apoyo
Analizar	1. Identificar causas 2. Validar causas 3. Priorizar causas	- Isikawa - Matriz Causa-Efecto - AMEF		Inicio: 20-06-2012 Fin: 15-07-2012	Black Belt Jefe de Producción
Mejorar	1. Definir acciones de mejora 2. Implementar acciones de mejora 3. Validar Resultados	- AMEF - Plan de Implementación de Mejoras - Auditoria de Proyecto LSS		Inicio: 17-07-2012 Fin: 01-09-2012	Black Belt Green Belt Jefe de Producción
Controlar	1. Estandarizar el proceso 2. Definir mecanismos de seguimiento y control 3. Cerrar Proyecto	- Entrenamiento - Cartas de control - Informe de Cierre Proyecto LSS		Inicio: 01-09-2012 Fin: 01-10-2012	Green Belt Jefe de Producción

Fuente. Elaboración propia (2012)

## Actividad 2. Analizar el proceso de corte y armado de las gavetas y definir variables

Las partes del proceso que se analizaron para identificar las causas por las cuales se generan defectos en las gavetas, fueron las etapas de corte y armado (Ver Figura 4-4). Las variables identificadas se listan en la Tabla 4-15.

**Tabla 4-15. Variables Proceso de Corte y Armado - Proyecto Gavetas Defectuosas**

Proceso de Corte	Proceso de Armado
1. Humedad de la madera	1. Utilización de dispositivos para el ensamble
2. Diseño de piezas para corte	2. Conocimiento y experiencia del operario de ensamble
3. Estado de herramientas de corte	3. Insumos de ensambles adecuados
4. Proceso inadecuado de corte	4. Tiempo de secado del pegante
5. Calidad de la madera	5. Herramientas adecuadas para el proceso de armado
6. Experiencia del operador de corte	6. Ergonomía del área.
7. Estandarización del proceso de corte	7. Estandarización de procesos de armado
8. Mantenimiento herramientas de corte	8. Falta de orden en el área de trabajo
9. Fatiga	9. Utilización de cartas de producción y explosión de los productos para el proceso de ensamble
10. Equipos de medición	10. Mantenimiento de herramientas de ensamble
11. Ergonomía del puesto de trabajo	11. Condiciones del puesto de trabajo
12. Temperatura ambiente	12. Utilización de sistemas de prensado para agilizar el secado de pegantes
13. Estrés	13. Falta de iluminación.
14. Fallas en mantenimiento de la maquinaria	14. Mal uso de los instrumentos de medición.
15. Falta de procedimiento de corte	15. Especificaciones de la materia prima
16. Herramientas inadecuadas	16. Equipos de medición, inadecuados, o dañados
17. Iluminación inadecuada.	
18. Plantillas para trazado	
19. Falta de seguridad en el proceso de corte	

Fuente. Elaboración Propia (2012).

### 4.6.2.2 Etapa 2. Definición de línea base

#### Actividad 1. Validar el Sistema de Medición

La validación del sistema de medición se hizo utilizando el análisis de concordancia de atributo, con el fin de verificar si entre los inspectores había concordancia en los criterios para identificar las gavetas defectuosas, y además verificar el grado de correspondencia con respecto a una referencia previamente establecida. Para esto se tomaron 30 gavetas y 3 inspectores, donde, cada inspector evaluó en un orden aleatorio dos veces cada gaveta. Los datos y resultados obtenidos se presentan en el Anexo 17 y las conclusiones son:

1. Con respecto a la Consistencia en los criterios de cada inspector para identificar las gavetas defectuosas se puede decir que: existe una concordancia casi perfecta en el inspector 1 con un

porcentaje de 96,67; para el inspector 2 la concordancia es moderada con un porcentaje de 80,00%; y para el inspector 3 la concordancia es sustancial con un porcentaje de 83,33%. Estos resultados muestran que cada inspector tiene un nivel de concordancia diferente, donde el inspector 1 es el más confiable en sus evaluaciones y el inspector 2 es el menos confiable.

2. El nivel de concordancia en los criterios de inspección entre los diferentes inspectores de calidad es de 50% indica que el nivel de acuerdo es moderado, estos resultados muestran que en el 50% de los casos los evaluadores no concuerdan en sus evaluaciones.

3. Para el nivel de concordancia de cada inspector con respecto a un estándar, los resultados de 90% de concordancia para el inspector 1, indican una excelente confiabilidad. Contrario a lo que pasa con los inspectores 2 y 3, cuyas resultados muestran una confiabilidad moderada y sustancial respectivamente.

4. Con base en la *tasa de error general que es del 13,3%*, se puede decir que el sistema de medición es confiable, pero se propone que el inspector 1 entrene y capacite a los inspectores 2 y 3 para que aumenten la confiabilidad en las evaluaciones.

## Actividad 2. Plan de Recolección de Datos

**Tabla 4-16. Plan de Recolección de Datos - Proyecto Gavetas Defectuosas**

Plan de Recolección de Datos						
Métricas (Y) <sup>1</sup>	Unidad/ Formula	Fuente	Tamaño de la Muestra	Responsable de la Toma de Datos	Periodicidad de la Toma de Datos	Método de Toma de Datos
<b>Devoluciones por Gavetas Defectuosas</b>	<b>Unidad:</b> Porcentaje <b>Formula:</b> Dev = D/T	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Green Belt	Diario	Observación directa
<b>Costos de Reparación por Gavetas Defectuosas</b>	<b>Unidad:</b> Pesos Colombianos <b>Formula:</b> Cost = D×CU	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Green Belt	Semanal	Observación directa
<b>DPMO</b>	<b>Unidad:</b> N/A <b>Formula:</b> DPMO = Dev×10 <sup>6</sup>	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Black Belt	Semanal	Observación directa
<b>Nivel Sigma</b>	<b>Unidad:</b> N/A <b>Formula:</b> Norm.Inv(1 - Dev)	Registro de Devoluciones en el área de armado	Total Unidades Inspeccionadas	Black Belt	Semanal	Observación directa
Dev: % devoluciones por gavetas defectuosas, D: Numero de gavetas devueltas, T: Total de unidades Inspeccionadas, Cost: Costo de las devoluciones por gavetas defectuosas, CU: Costo Unitario de Devoluciones por gavetas defectuosas, Norm.Inv: Distribución Normal Estándar Invertida.						

Fuente. Elaboración Propia (2012).

### Actividad 3. Definición de Línea Base

Para definir la línea base se tomaron los registros de las devoluciones por gavetas defectuosas en el área de armado del último mes, y con base en esta información se hizo una estimación de los métricos del proyecto y se realizó un análisis estadístico el cual se presenta en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17. Informe Línea Base - Proyecto Gavetas Defectuosas

Informe Línea Base									
Responsable			Fecha de Elaboración			Área/Proceso/Producto			
Black Belt Green Belt			22-06-2012			Proceso de Armado			
1. Métricas Seis Sigma									
DPU		DPO		DPMO/PPM		RTY		Nivel Sigma	
Actual	Objetivo	Actual	Objetivo	Actual	Objetivo	Actual	Objetivo	Actual	Objetivo
N/A	N/A	0,1559	0,0100	155.861	10.000	N/A	N/A	2,52	3,83
2. Métrica Operacional									
Media			Desviación			Varianza			
Actual	Objetivo		Actual	Objetivo		Actual	Objetivo		
15,59%	1,00%		N/A	N/A		N/A	N/A		

### Análisis de capacidad del proceso binomial de Numero de Devoluciones Interna

**Gráfica P**

Proportión

Muestra

Las pruebas se realizaron con tamaños de la muestra desiguales

**Tasa de defectuosos**

% Defectuoso

Tamaño de la muestra

**% defectuoso acumulado**

% Defectuoso

Muestra

**Estadística de resumen (95,0% de confianza)**

% Defectuoso: 15,59  
IC inferior: 14,11  
IC superior: 17,15  
Objetivo: 1,00  
Def PPM: 155861  
IC inferior: 141114  
IC superior: 171511  
Z del proceso: 1,0116  
IC inferior: 0,9482  
IC superior: 1,0753

**Histograma**

Frecuencia

% Defectuoso

Fuente. Elaboración Propia (2012).

Con base en los resultados obtenidos en el informe de línea base se pueden generar las siguientes conclusiones:

- El grafico de porcentaje acumulado indica que los datos históricos tomados para el cálculo del métrico son suficientes, ya que los puntos se estabilizan alrededor de 15,59%

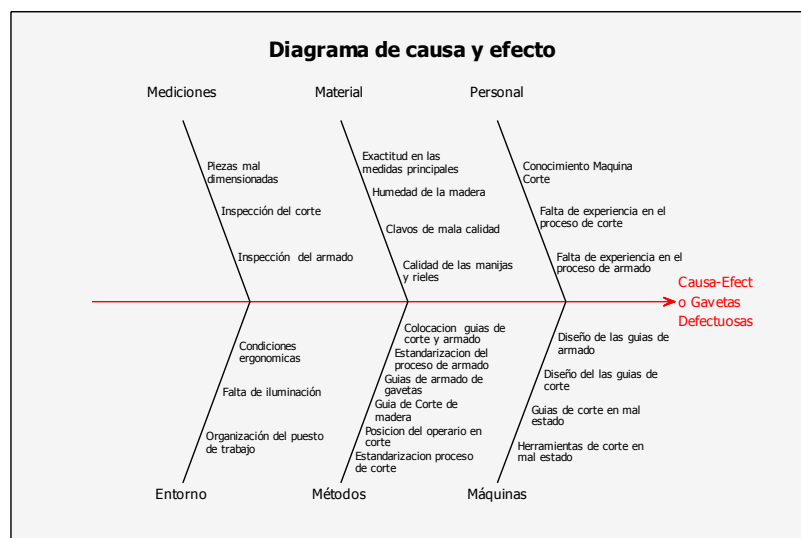
- La grafica de tasa de defectos muestran que el porcentaje de gavetas defectuosas no depende del tamaño del lote inspeccionado.
- El grafico de control muestra no existen argumentos suficientes para dudar de la estabilidad del métrico.

#### 4.6.2.3 Etapa 3. Identificación de Causa Raiz

##### Actividad 1. Identificación de Causas

Para la identificación de las causas raíces de las gavetas defectuosas se hizo un análisis de las variables involucradas en los proceso de corte y armado de la madera. En el proceso de corte se identificaron las causas por la cuales la madera cortada no cumplía con las tolerancias establecidas, ya que este problema dificulta el acople de las gavetas con los nocheros y tocadores de las alcobas. Por otro lado, en el proceso de armado se identificaron las causas por las cuales las gavetas quedaban mal ensambladas. Para esto, se conformó un equipo de trabajo entre los cuales estaba: el jefe de producción, operarios del área de corte y armado, un inspector de calidad, el black belt y el green belt. Se utilizó el diagrama de isikawa como herramienta para identificar cada una de las causas, las cuales se clasificaron en seis (6) categorías: Mano de obra, Materiales, Métodos, Maquinas, Mediciones y Ambiente de trabajo. Los causas potencias se presentan en la Figura 4-6 y en la Tabla 4-18 se presenta una descripción de cada una.

**Figura 4-7. Diagrama de Isikawa - Proyecto Pegas Abiertas**



Fuente. Elaboración Propia (2012).



**Tabla 4-18. Identificación de Causa Raíz - Proyecto Gavetas Defectuosas**

Identificación de Causas			
Categoría	Causa	Descripción	Método de Análisis
Personal	Conocimiento Maquina Corte	Nivel de Conocimiento de la máquina de corte	Análisis de Varianza
Personal	Falta de experiencia en el proceso de corte	Nivel de Experiencia en el proceso de corte	Análisis de Varianza
Personal	Falta de experiencia en el proceso de armado	Nivel de Experiencia en el proceso de armado	Prueba chi-cuadrado
Material	Exactitud en las medidas principales	Diferencia entre la medida real y la medida estándar	AMEF
Material	Humedad de la madera	Porcentaje de humedad presente en la madera	AMEF
Material	Clavos de mala calidad	Clavos torcidos u oxidados.	AMEF
Material	Calidad de las manijas y rieles	Estado de las manijas y rieles	AMEF
Mediciones	Piezas mal dimensionadas	Error en la dimensiones de las madera para el corte	AMEF
Mediciones	Falta de inspección en la uniformidad del corte	No se inspeccionan las dimensiones de la madera cortada	Revisar procedimiento
Mediciones	Falta de inspección en la uniformidad del armado	No se inspecciona la colocación de las piezas de madera, los rieles y las manijas.	Revisar procedimiento
Entorno	Organización del puesto de trabajo	Falta de organización y limpieza en el puesto de trabajo.	5S
Entorno	Falta de iluminación	No se cuenta con las condiciones de iluminación adecuada para desarrollar las operaciones de corte y armado	5S
Entorno	Condiciones ergonómicas	Mala ergonomía en el puesto de trabajo	5S
Métodos	Estandarización del proceso de corte	No existe un método estandarizado para realizar el corte de la madera	Revisar procedimiento
Métodos	Posición del operario en el corte	Posición del operario para realizar los cortes de la madera	Revisar procedimiento
Métodos	Guía de Corte de madera	No se utilizan patrones para guiar el corte de la madera	AMEF
Métodos	Guías de armado de gavetas	No se utilizan patrones para guiar la colocación de cada componente en el ensamble de la gaveta	AMEF
Métodos	Estandarización del proceso de armado	No existe un método estandarizado para realizar el ensamble de las gavetas	Revisar procedimiento
Métodos	Método de colocación y fijación de las guías de armado	El método para colocar y fijar las guías de armado no es el adecuado	Revisar procedimiento
Métodos	Método de colocación y fijación de las guías de corte	El método para colocar y fijar las guías de corte no es el adecuado	Revisar procedimiento
Maquina	Herramientas de corte en mal estado	Herramientas de corte en mal estado: falta de filo, sierras con dientes torcidos, etc.	5S
Maquina	Guías de corte en mal estado	Guías de corte en mal estado	5S
Maquina	Diseño de las guías de corte	Inadecuado diseño de guías corte	Revisar Diseño
Maquina	Diseño de las guías de armado	Inadecuado diseño de guías armado	Revisar Diseño

Fuente. Elaboración Propia (2012).

## Actividad 2. Validación de causas

Para validar las causas identificadas anteriormente, se utilizaron diferentes herramientas de acuerdo al tipo de causa, a continuación se detallan cada una de las herramientas utilizadas y las conclusiones a las que se llegaron:

**Análisis de Varianza:** esta herramienta estadística se utilizó para validar la influencia del factor humano sobre la exactitud en las dimensiones de las piezas cortadas para las gavetas. Para el análisis de varianza se tomaron 21 piezas cortadas y 3 operarios (7 por cada operario), para cada pieza se registró la medida y se calculó las desviación absoluta con respecto al estándar. El objetivo del análisis de varianza es verificar si existen diferencias significativas entre el promedio de las desviaciones en el corte de las piezas de los diferentes operarios. Los resultados y las conclusiones se presentan a continuación.

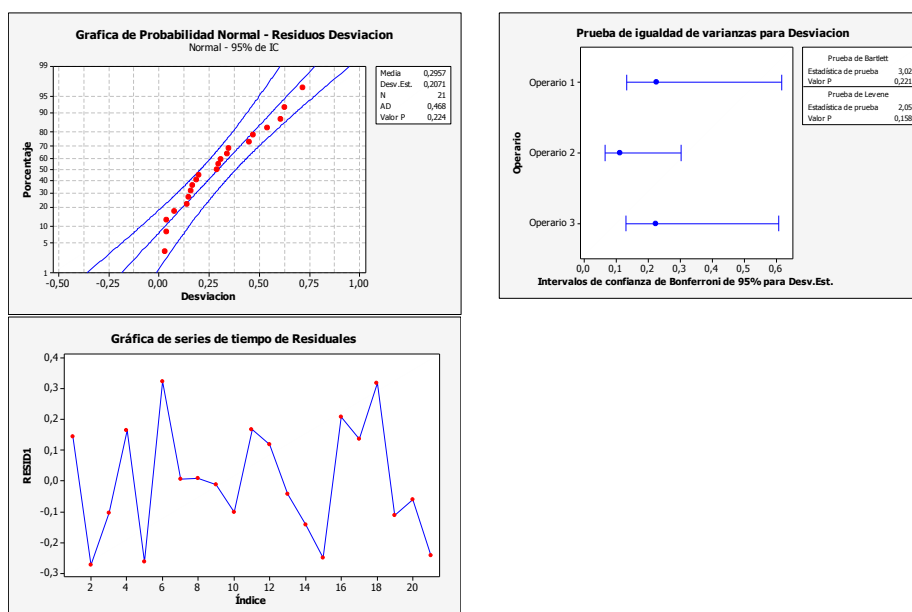
**Tabla 4-19. ANOVA - Proyecto Gavetas Defectuosas**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Operario	2	0,1702	0,0851	2,23	0,137
Error	18	0,6873	0,0382		
Total	20	0,8575			

Fuente. Elaboración Propia (2012).

Basado en los resultados del ANOVA (ver Tabla 4-19), se puede afirmar que el factor operario no es determinante en las desviaciones que se presentan en los cortes, ya que con un valor p de 0,137 se infiere que no existen diferencias significativas entre el promedio de las desviaciones para cada operario. Esto muestra que la influencia en la exactitud del corte puede estar influenciada por los procedimientos utilizados para realizar el corte, tal como se analizara en el AMEF.

**Figura 4-8. Verificación de Supuestos del Anova – Proyecto Gavetas Defectuosas**



Fuente. Elaboración Propia (2012).

## Análisis de Modo y Efecto de Fallo:

Para analizar y priorizar las causas identificadas en el Isikawa se utilizó el AMEF, a través de esta herramienta se identificaron cada uno de los posibles fallos del proceso (factores que generan defectos en las gavetas), los efectos que esto genera en la calidad de las gavetas, sus causas y se analizan los métodos de control para evitar que la falla se presente, se califican de cada uno de los elementos del AMEF y al final se calcula el RPN; el cual permite hacer una priorización de las fallos y causas que requieren especial atención para evitar que se presenten problemas en las gavetas. A Continuación se presentan los resultados del AMEF.

**Tabla 4-20. AMEF - Proyecto Gavetas Defectuosas**

<b>AMEF GAVETAS DEFECTUOSAS</b>								
<b>Proceso</b>	Corte de Madera para Gavetas Armado de Gavetas			<b>Fecha de Elaboración</b>	01-08-2012			
<b>Equipo de Trabajo</b>	Jefe de Producción Inspector de Calidad Black Belt Green Belt			<b>Objetivo</b>	Identificar y priorizar las causas que requieren acciones de mejora, para disminuir las devoluciones por gavetas defectuosas			
<b>Etapas del Proceso</b>	<b>Modo de Fallo</b>	<b>Efecto</b>	<b>S<sup>1</sup></b>	<b>Causa</b>	<b>O<sup>2</sup></b>	<b>Detección</b>	<b>D<sup>3</sup></b>	<b>RPN<sup>4</sup></b>
Corte de madera para gavetas	Cortar por debajo de la tolerancia	Se rechaza y desecha la pieza	8	Aseguramiento inadecuado de la guía de corte en la escuadradora	9	No existe control	10	720
Armado de las gavetas	Cortar por encima de la tolerancia	Gaveta no encajan en nochero	10	Piezas cortadas por encima de la tolerancia	9	Se verifica de forma visual la dimensión de las piezas	8	720
Armado de las gavetas	Mala colocación de los rieles, fondo, laterales y frontales de la gaveta	Gaveta no encajan en nochero	10	Falta de utilización de guías para ensamble de las gavetas	10	El operario coloca marca en las piezas donde se deben encajar y colocar cada una de las partes	7	700
Corte de madera para gavetas	Cortar por encima de la tolerancia	Se debe cortar la parte sobrante	7	Aseguramiento inadecuado de la guía de corte en la escuadradora	9	No existe control	10	630
Corte de madera para gavetas	Cortar por debajo de la tolerancia	Se rechaza y desecha la pieza	8	Escuadradora no se encuentra calibrada	9	No existe control	6	432
Corte de madera para gavetas	Cortar por encima de la tolerancia	Se debe cortar la parte sobrante	7	Escuadradora no se encuentra calibrada	9	No existe control	6	378
Armado de las gavetas	Mala colocación de manijas	Deficiencias en la estética de las gavetas	4	Falta de utilización de guías para ensamble de las gavetas	10	El operario coloca marca en las piezas donde se deben encajar y colocar cada una de las partes	7	280
Corte de madera para gavetas	Piezas con geometría irregular	Ajustar la geometría de la pieza cuando sea posible	7	Descuido del operario al momento de cortar	5	el operario verifica la línea de corte	4	140
Corte de madera para gavetas	Cortar por debajo de la tolerancia	Se rechaza y desecha la pieza	8	Descuido del operario al momento de cortar	4	el operario verifica la línea de corte	4	128
Armado de las gavetas	Ensamblar piezas con geometría irregular	Gaveta no encajan en nochero	10	Piezas con geometría irregular	4	Se verifica de forma visual la dimensión de las piezas	3	120

AMEF GAVETAS DEFECTUOSAS								
<b>Proceso</b>	Corte de Madera para Gavetas Armado de Gavetas			<b>Fecha de Elaboración</b>	01-08-2012			
<b>Equipo de Trabajo</b>	Jefe de Producción Inspector de Calidad Black Belt Green Belt			<b>Objetivo</b>	Identificar y priorizar las causas que requieren acciones de mejora, para disminuir las devoluciones por gavetas defectuosas			
<b>Etapas del Proceso</b>	<b>Modo de Fallo</b>	<b>Efecto</b>	<b>S<sup>1</sup></b>	<b>Causa</b>	<b>O<sup>2</sup></b>	<b>Detección</b>	<b>D<sup>3</sup></b>	<b>RPN<sup>4</sup></b>
Corte de madera para gavetas	Cortar por encima de la tolerancia	Se debe cortar la parte sobrante	7	Descuido del operario al momento de cortar	4	el operario verifica la línea de corte	4	112
Corte de madera para gavetas	Corte Irregular	Se rechaza y desecha la pieza	8	Mal aseguramiento de la guía de la escuadradora	4	El operario verifica la colocación de la guía	2	64
Corte de MDF en Escuadradora	Corte Irregular	Se rechaza y desecha la pieza	8	Mal calibrado de escuadradora	4	El operario verifica la calibración de la escuadradora	2	64
1. Severidad 2. Ocurrencia 3. Detección 4. Risk Priority Number								

Fuente. Elaboración Propia (2012).

Con respecto al análisis de causas a través del AMEF se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Se debe implementar la utilización de guías y dispositivos de ayuda para la realización de los cortes de la madera para las gavetas, esto con el fin de aumentar la exactitud de las dimensiones de los cortes con respecto a las tolerancias y evitar la presencia de cortes con geometría irregular.
- Se deben implementar mecanismos eficientes de inspección después del corte de la madera, esto con el fin de evitar que piezas mal cortadas o con geometría irregular pasen a la etapa de armado donde se ensamblan, y genere esto un problema mayor.
- Se debe capacitar y entrenar a los operarios en procedimientos estandarizados de corte, de tal forma que este ejecute todos elementos necesarios para realizar una operación de corte segura y con alta precisión
- Por último, se deben diseñar e implementar guías para el ensamble de las piezas que conforman las gavetas, esto con el fin de evitar un mal ensamble.

#### 4.6.2.4 Etapa 4. Definición de acciones de mejora

##### Actividad 1. Definir Acciones de Mejora

Teniendo en cuenta el análisis de las causas que se realizó en la fase anterior y las propuestas de mejora que se presentaron, en la Tabla 4-21 se presenta el plan de acción.

**Tabla 4-21. Plan de Mejoras - Proyecto Gavetas Defectuosas**

Plan de Implementación de Mejoras para Gavetas Defectuosas						
1. Información General						
Proceso/Servicio	Corte Armado		Fecha de Elaboración		15-08-2012	
Equipo de Trabajo	Black Belt Jefe de Producción Green Belt Personal de Apoyo		Fechas de Auditorias		15-09-2012	
2. Plan de Implementación						
Problema/Causa	Acción de Mejora	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Responsable	Recursos/Herramientas	Resultado/Indicador
Estandarización del proceso de Corte de la Madera	Diseñar y estandarizar proceso de corte	15-08-2012	30-08-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo	- Estudio de métodos	Proceso de corte Estandarizado
Utilización de Guías y dispositivos de apoyo al proceso de corte	Diseñar e implementar guías y dispositivos de apoyo al proceso de corte	30-08-2012	15-09-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo - Jefe de Producción	- Materiales para guías y dispositivos de corte	Guías y dispositivos de corte
Estandarización del Proceso de Corte de la Madera	Capacitar y entrenar a los operarios en el nuevo proceso de corte y el uso de guías y dispositivos	15-09-2012	30-09-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo	- Espacios para capacitación	Personal Capacitado
Estandarización del Proceso de Corte de la Madera	Diseñar un proceso eficiente de verificación de dimensiones de las piezas cortadas	15-09-2012	30-09-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo	- Estudio de métodos - Poka Yokes	Proceso de verificación de dimensiones
Estandarización del proceso de armado de las gavetas	Diseñar e implementar un nuevo proceso de armado de gavetas	15-08-2012	30-08-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo	- Estudio de métodos	Proceso de armado Estandarizado
Utilización de Guías y dispositivos de apoyo al proceso armado	Diseñar e implementar guías y dispositivos de apoyo al proceso de armado	30-08-2012	15-09-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo - Jefe de Producción	- Materiales para guías y dispositivos de armado de gavetas	Guías y dispositivos de armado de gavetas
Estandarización del proceso de armado de las gavetas	Capacitar y entrenar en el nuevo proceso de corte y el uso de guías y dispositivos	15-09-2012	30-09-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo	- Espacios para capacitación	Personal Capacitado
Seguimiento a las mejoras implementadas	Implementar la realización de reuniones mensuales para revisar el avance de las mejoras implementadas en el proceso de corte	01-10-2012	15-12-2012	- Green Belt - Personal de Apoyo - Jefe de Producción -Inspector de calidad	Actas de seguimiento	Numero de reuniones realizadas por año

Fuente. Elaboración Propia (2012).

## **Actividad 2. Seguimiento al Plan de Acción y Validación de Resultados**

El primer seguimiento al plan de acción arrojó los siguientes resultados:

- Se revisó, diseñó y estandarizó el proceso de corte, definiendo actividades básicas que todo operario debe realizar, con el fin de garantizar la ejecución de una operación segura, eficiente y eficaz. Aunque el jefe de producción realizó el entrenamiento en el nuevo proceso, en algunos operarios persiste la resistencia al cambio del proceso de corte, lo cual ha limitado la mejora en la capacidad del proceso.
- Se diseñaron e implementaron guías y dispositivos de apoyo al proceso de corte de la madera, aunque algunos operarios procurando hacer el proceso de corte mas rápido omiten el uso de tales dispositivos.
- Por falta de recursos económicos no se pudieron diseñar e implementar mecanismos eficientes de verificación de las dimensiones de las piezas cortadas, por lo cual los operarios continúan haciendo inspección visual; método poco efectivo para verificar la exactitud del corte de la madera.
- Se revisó y diseñó el proceso de armado, pero persisten dificultades en la implementación debido a que los operarios se muestran resistentes al cambio, debido a que, la adaptación al nuevo proceso generó el aumento en el tiempo de ejecución de la operación de armado, afectando esto la productividad del operarios y por tanto su remuneración.
- Se diseñaron e implementaron las guías de apoyo al proceso de armado de las gavetas, pero algunos operarios se rehúsan a utilizarlas argumentando que esto les quita tiempo, en otros casos se utilizan cuando existe la supervisión del jefe de producción.
- Como política de la gerencia se implementó la realización de reuniones mensuales entre el gerente, el inspector de la calidad y el jefe de producción, con el fin de hacer seguimiento sobre los problemas que se presentan con las devoluciones del productos, sus causas y las acciones que se deben implementar.

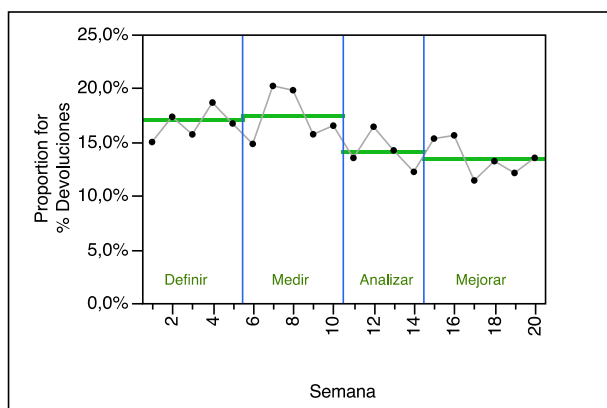
En la Tabla 4-22 se presenta un resumen del estado de las métricas del proyecto hasta la fecha y en la Figura 4-9 se muestra el comportamiento del métrico a lo largo de las primeras 20 semanas del proyecto.

**Tabla 4-22. Comportamiento de las Métricas - Proyecto Gavetas Defectuosas**

Periodo		Métricas		
Etap	Semana	%Devoluciones por pegas abiertas	PPM	Nivel Sigma
Definir	1	14,98%	149.789	1,037
	2	17,33%	173.268	0,941
	3	15,69%	156.939	1,007
	4	18,65%	186.500	0,891
	5	16,70%	167.000	0,966
Medir	6	14,80%	148.000	1,045
	7	20,20%	202.000	0,834
	8	19,80%	198.000	0,849
	9	15,70%	157.000	1,007
	10	16,50%	165.000	0,974
Analizar	11	13,50%	135.000	1,103
	12	16,40%	164.000	0,978
	13	14,20%	142.000	1,071
	14	12,20%	122.000	1,165
Mejorar	15	15,30%	153.000	1,024
	16	15,60%	156.000	1,011
	17	11,40%	114.000	1,206
	18	13,20%	132.000	1,117
	19	12,10%	121.000	1,170
	20	13,50%	135.000	1,103

Fuente. Elaboración Propia (2012).

**Figura 4-9. Comportamiento del Porcentaje de Devoluciones – Proyecto Gavetas Defectuosas**



Fuente. Elaboración Propia (2012).

En la Figura 4-9 se observa un leve descenso en el porcentaje de devoluciones, ubicado en 13,52% en lo corrido de la fase de mejora, lo cual representa una disminución de 2 puntos porcentuales con respecto a línea base, cuyo valor fue de 15,59% con un intervalo de confianza de 14,11% - 17,15%. Esto muestra que se ha presentado mejoría significativa en el porcentaje de devoluciones, pero, se plantea la necesidad de concientizar a los operarios para trabajar según los lineamientos establecidos en los procesos y utilizar las herramientas de apoyo a las operaciones corte de madera y armado de los muebles, con el fin de generar un impacto mayor en el porcentaje de devoluciones.

#### 4.6.2.5 Etapa 5. Mantenimiento y Control

##### Actividad 1. Mecanismos de control de las mejoras

Como mecanismo para el mantenimiento de las mejoras implementadas se propusieron las siguientes estrategias:

- Utilizar una gráfica de control P, para hacer seguimiento al porcentaje de devolución de gavetas defectuosas. El registro de las devoluciones se haría diariamente.
- Realizar auditorías mensuales, para hacer seguimiento sobre el problema de gavetas defectuosas, las posibles causas y las mejoras alcanzadas.
- Implementar la gerencia visual en el área de armado para que el jefe de producción y los operarios del área puedan hacer seguimiento constante sobre los métricos relevantes del área.
- Crear planes de incentivos en las áreas donde se logren mejoras sustanciales en el porcentaje de devoluciones asociada a sus procesos.

##### Actividad 2. Cierre del Proyecto.

**Tabla 4-23. Informe de Cierre de Proyecto - Proyecto Gavetas Defectuosas**

Proyecto 2. Disminución de las devoluciones por Gavetas Defectuosas		
1. Definición del Problema		
<b>Objetivo:</b> Disminuir el porcentaje de devoluciones por gavetas defectuosas, a través del mejoramiento de los procesos de corte y armado		
<b>Equipo:</b> Gerente General, Black Belt, Green Belt y Personal de Apoyo		
2. Situación Inicial Vs Situación Actual		
<b>Situación Inicial</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Impacto en el Desempeño del Proceso</b>
<b>% Devoluciones:</b> 15,59%	<b>% Devoluciones:</b> 10,20%	
IC Inferior: 14,11%	<b>Cambio Significativo:</b> Si	
IC Superior: 17,15%	<b>PPM:</b> 102.000	
<b>PPM:</b> 155.861	<b>Nivel Sigma:</b> 2,75	
<b>Nivel Sigma:</b> 2,51	<b>Costo de Mala Calidad:</b>	
<b>Costo de Mala Calidad:</b>	\$3.215.856 Mensual	
<b>Ahorro Proyectado:</b>	<b>Ahorro Proyectado:</b>	
\$4.914.000 Mensual	20.377.000 Anuales	
<b>Ahorro Proyectado:</b>		
\$55.184.000 anuales.		
<b>Tasa de Error del Sistema de</b>		
<b>Medición:</b> 13,3%		



3. Análisis de Causa Raíz				
<div><b>Causas Potenciales</b></div> <div><div><div><div><div>Mediciones</div><div>Piezas mal dimensionadas</div><div>Inspección del corte</div><div>Inspección del armado</div><div>Condiciones ergonómicas</div><div>Falta de iluminación</div><div>Organización del puesto de trabajo</div><div>Entorno</div></div><div><div>Material</div><div>Exactitud en las medidas principales</div><div>Humedad de la madera</div><div>Clavos de mala calidad</div><div>Calidad de las manijas y rieles</div><div>Colocacion guías de corte y armado</div><div>Estandarización del proceso de armado</div><div>Guías de armado de gavetas</div><div>Guía de Corte de madera</div><div>Posición del operario en corte</div><div>Estandarización proceso de corte</div><div>Métodos</div></div><div><div>Personal</div><div>Conocimiento Máquina Corte</div><div>Falta de experiencia en el proceso de corte</div><div>Falta de experiencia en el proceso de armado</div><div>Diseño de las guías de armado</div><div>Diseño del las guías de corte</div><div>Guías de corte en mal estado</div><div>Herramientas de corte en mal estado</div><div>Máquinas</div></div></div><div><div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div></div></div></div></div>				

Fuente. Elaboración Propia (2012).

## 4.7 FASE 4. EVALUACIÓN

Ya teniendo los resultados de los proyectos, se procede a realizar una evaluación del portafolio de proyecto planteado inicialmente. A partir de la evaluación del portafolio, la empresa puede verificar en qué grado se cumplieron los objetivos planteados e identificar las lecciones aprendidas que se han generado, con el fin de, hacer ajustes en la planeación y definición de los nuevos proyectos a ejecutar; verificar el aporte que hacen las acciones de mejora y su impacto en los resultados de la organización; generar lecciones aprendidas que aumenten la probabilidad éxito de proyectos futuros; y por ultimo comunicar los resultados alcanzados de las mejoras implementadas. A continuación se presenta la evaluación del portafolio de proyectos.

**Tabla 4-24. Evaluación del Portafolio de Proyectos**

1. Evaluación de los Resultados de los Proyectos					
Título del Proyecto		Objetivo	Resultado Alcanzado	Grado de Cumplimiento del objetivo	Observaciones/Recomendaciones/Lecciones Aprendidas
Disminución de las devoluciones por pegas abiertas		Reducir del 20,44% al 1% las devoluciones	Se redujo al 11,71%	44,90% G=(8,73%/19,44%)	- Trabajar a profundidad el factor humano, antes de proponer mejoras
Disminución de las devoluciones por gavetas defectuosas		Reducir del 15,59% al 1% las devoluciones	Se redujo al 10,20%	36,94% G=(5,39%/14,59%)	- Trabajar a profundidad el factor humano, antes de proponer mejoras
2. Impacto financiero del Portafolio de Proyecto					
Título del Proyecto		Ahorro del Proyecto Objetivo	Ahorro del Proyecto Actual		Costo de Oportunidad en mejora de la calidad
Disminución de las devoluciones por pegas abiertas		\$32.088.000 anuales	\$18.000.000 anuales		\$14.088.000 anuales
Disminución de las devoluciones por gavetas defectuosas		\$55.184.000 anuales	\$20.377.000 anuales		\$34.807.000 anuales
Total		\$87.272.000 anuales	\$38.377.000 anuales		\$48.895.000
3. Impacto en los Productos o Servicios					
– Se generaron mejoras en el nivel de calidad de las alcobas, a través de la reducción de los problemas por pegas abiertas y gavetas defectuosas					
4. Impacto en los Procesos					
– Se aumentó la capacidad del proceso de corte, específicamente en la exactitud de las dimensiones de las piezas cortadas					
– Se aumentó la capacidad del proceso de armado de gavetas, ya que se disminuyó el porcentaje de no conformidad en esta área					
– Se aumentó la capacidad del proceso de armado de camas, ya que se disminuyó el porcentaje de no conformidad por presencia de pegas abiertas					
5. Impacto en el Cliente					
– Se espera que a mediano y corto plazo se generen menores quejas por parte del cliente externo, con respecto a la presencia de pegas abiertas y gavetas defectuosas					

Fuente. Elaboración Propia (2012).

#### **4.8 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

Tal como se pudo observar en la fase de evaluación con la implementación de la metodología LESEPYMES se obtuvieron resultados positivos para la empresa, tal como la reducción de devoluciones internas por cuenta de los defectos en las gavetas, pieceros y largueros de las camas. Esto también impacto en su capacidad de producción y los costos de producción. Pero hay que resaltar que aun la empresa debe seguir trabajando en la profundización y mantenimiento de las mejoras planteadas, con el fin de llevar sus procesos al nivel calidad seis sigma, que en un largo plazo es lo que busca la metodología.

Adicionalmente, las limitaciones técnicas, tecnológicas, organizacionales y financieras de la empresas, dificultaron en gran parte la implementación de las acciones propuestas, razón por la cual no se pudieron alcanzar los objetivos planteados en cada proyecto LSS.

Para potenciar los resultados alcanzados con la realización de cada proyecto LSS, se debe realizar un trabajo mas profundo en el clima y la cultura organizacional, a través de la cual, las personas sea mas conscientes del impacto que genera la calidad y eficiencia de su trabajo. En este sentido, gran parte de las dificultades al momento de implementar las mejoras estaba asociado a la falta de compromiso de los operarios con los cambios propuestas.

## 5 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

Esta investigación presentó un enfoque metodológico para la implementación de LSS en PYMES, con lo cual se buscaba generar un guía estructurada que ayude a las PYMES a: identificar y definir proyectos de mejora alineados con sus objetivos estratégicos, crear las condiciones mínimas necesarias para desarrollarlos, y por último, adaptar la metodología DMAIC a para el desarrollo de proyecto de mejora en PYMES.

Con respecto a los objetivos específicos de esta investigación se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Diversos autores han propuesto modelos y metodologías para la implementación de LSS, pero, en ninguno de los casos se demuestra un efectividad total de la aplicación de estos enfoques, ya que por un lado no se han implementado y validado en un gran número de empresas de diferentes tipos y tamaños, lo cual impide que se pueda hablar de un modelo genérico con resultados probados. Por otro, hay varios factores; culturales, geográficos, macro y micro económicos, entre otros, que influyen sobre la aplicación de dichas metodologías, por lo cual, cada modelo debe ser adaptado a la realidad y contexto de cada organización.
- Aunque algunos investigadores y expertos en el tema exponen diferentes factores críticos para la implementación de LSS en PYMES, a lo largo de la revisión bibliografía y con el desarrollo de esta investigación se pueden identificar las siguientes convergencias:
  - La integración de los enfoques debe partir de una iniciativa estratégica;
  - Se requiere del compromiso y la participación de todo el personal de la organización para impulsar procesos de mejora;
  - Por el origen y las bases conceptuales de cada enfoque, la integración de Seis Sigma y Manufactura Esbelta debe darse como un proceso de complementación;
  - La implementación requiere un cambio en la cultura organizacional que conlleve a la mejora continua y la excelencia operacional;
  - La formación de los expertos en la mejora de proceso debe incluir elementos tanto de Seis Sigma como de Manufactura Esbelta;

- Por último los proyectos de mejora deben estar alineados con la estrategia de la organización, las necesidades de los Stakeholders, las tendencias globales del mercado, los marcos regulatorias y los aspectos culturales de cada contexto geográfico.
- La estructura de la metodología que se propuso en esta investigación facilitó en gran manera el despliegue de LSS, ya que brinda elementos no solo para desarrollar proyectos de mejora, si no que parte de la preparación de las PYMES y la definición de los focos de mejora. Al final la metodología permite evaluar los resultados lo cual es un aspecto importante para afianzar el compromiso de dirección, y de esta formar garantizar la continuidad.

Con respecto a la implementación de la metodología, se puede decir que:

- La metodología diseñada facilitó en la empresa la alineación entre los objetivos estratégicos y los proyectos definidos, debido a que, se llevó a cabo un proceso secuencial donde primero se identificaban los objetivos estratégicos de la organización, luego identificaban las áreas que debían fortalecerse o permitían la consecución de dichos objetivos, y por último se identificaba en qué áreas se tenían mayores falencias; las cuales se pudieran atacar a través de proyectos LSS.
- Con respecto al compromiso de la dirección para desarrollar los proyectos, se pudo observar que hubo una participación débil de la gerencia en los proyectos y faltó apoyo por para impulsar las acciones de mejora planteadas, lo cual afectó sustancialmente la consecución de los resultados en cada uno de los proyectos.
- En cuando al enfoque al cliente, la empresa tenía claro sus objetivos con respecto a sus procesos y productos, lo cual facilitó la definición de los focos de mejora y la identificación de los proyectos LSS que apuntan a la consecución de los objetivos.
- Uno de los puntos fuertes de la metodología es que se pudo establecer y mantener un proceso de medición y seguimiento de los procesos al interior de la organización, lo que permitió conocer constantemente el desempeño de los procesos y como afectaba esto la calidad del producto.
- Si bien se lograron algunos avances en la estandarización de los procesos, esto se vio limitado por el factor humano, ya que, aspectos como: el nivel de formación de los operarios, el tipo de vinculación, el sistema de pagos, la alta de rotación de personal, la falta de entrenamiento en la tarea y la falta de liderazgo por parte de los jefes, impactan negativamente en la motivación del empleado y por ende en su compromiso hacia los procesos de mejora en la organización.

- Con respecto a la formación en LSS, la empresa debe trabajar en una estrategia de multiplicación del conocimiento al interior de la organización, a través de las personas que ya están formadas y certificadas en LSS por entes externos. Esto con el fin de capitalizar el conocimiento adquirido no solo a través de procesos de formación con entidades externas, si no a través del mismo desarrollo de proyectos y las lecciones aprendidas.
- La metodología planteada facilitó la identificación y definición de un banco de proyectos de mejora, lo cual es un aporte central de este trabajo, ya que se generó un proceso en cascada que articuló lo estratégico y lo táctico en lo que se refiere a la ejecución de proyectos de mejora.
- Si bien se realizó un proceso de priorización de proyectos LSS a ejecutar, este se vio limitado por la capacidad técnica, tecnológica y financiera de la empresa para resolver algunos problemas de calidad en sus productos, como los de pintura y secado de la madera, por lo cual se deben explorar otras estrategias adicionales para atacar este tipo de limitantes.
- Con respecto a la fase de ejecución de los proyectos se puede decir que la aplicación de la metodología DMAIC se llevó a cabo sin mayores inconvenientes, ya que se pudieron desarrollar cada una de las fases, desde la definición del problema central hasta la implementación de las acciones de mejora. Pero cabe resaltar, que la falta de estandarización de los procesos y la falta de instrumentos para medir las características de sus productos, limitó la definición de procedimientos y las buenas practicas, y no se profundizó en aspectos técnicos o tecnológicos, que pudieran ser soportados por herramientas estadísticas avanzadas como el diseño de experimento, los métodos de superficie de respuestas y los diseños robustos.
- Por último, la fase de evaluación mostró que se obtuvieron resultados positivos para la empresa, ya que se lograron reducir los problemas de calidad en las gavetas, pieceros, largueros y cabeceras de las alcobas, viéndose reflejado en los ahorros en costos de mala calidad. Pero, los resultados estuvieron limitados por la alta dependencia que tienen los procesos del factor humano, ya que son intensivos en mano de obra, y la falta de condiciones adecuadas de trabajo hacen que las acciones de mejora planteadas no generen los resultados esperados.

### **Futuras Líneas de Investigación.**

En general se puede decir que la metodología brinda una base fuerte para identificar, definir, priorizar y ejecutar proyectos LSS alineados con la estrategia de la organización, pero a futuro se

deben trabajar en algunos aspectos que se deben resolver al momento de definir, implementar y mantener acciones de mejora, entre las cuales se tiene:

- Definir modelos financieros robustos para evaluar y priorizar los proyectos LSS
- Diseñar estrategias o modelos de cambio organizacional, enfocados en la cultura de mejora kaizen, lo cual facilite el compromiso del factor humano y su participación en procesos de mejora a través de proyectos LSS.
- Diseñar modelos de costos para definir con mayor precisión los ahorros generados por los proyectos LSS.
- Diseñar modelos de incentivos derivados de los ahorros financieros generados por los proyectos, con el fin de motivar a los empleados a participar en los procesos de mejora y hacerlos partícipes de los resultados obtenidos.

## **BIBLIOGRAFIA**

Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S., 2008. Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management* 25, 709–756.

Andersson, R., Eriksson, H., Torstensson, H., 2006. Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *The TQM Magazine* 18, 282–296.

Andrew, T., Barton, R., 2011. Using the Quick Scan Audit Methodology (QSAM) as a precursor towards successful Lean Six Sigma implementation. *International Journal of Lean Six Sigma* 2, 41–54.

Antony, J., Kumar, M., Labib, A., 2007. Gearing Six Sigma into UK manufacturing SMEs: results from a pilot study. *Journal of the Operational Research Society* 59, 482–493.

Antony, Jiju, 2011. Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. *International Journal of Productivity and Performance Management* 60, 185–190.

Antony, Jiju, Kumar, A., Bañuelas, R., 2006. *World Class Applications of Six Sigma*. Butterworth-Heinemann.

Antony, Jiju, Kumar, Maneesh, Madu, C.N., 2005a. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. *International Journal of Quality & Reliability Management* 22, 860–874.

Antony, Jiju, Kumar, Maneesh, Madu, C.N., 2005b. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. *International Journal of Quality & Reliability Management* 22, 860–874.

Arnheiter, E.D., Maleyeff, J., 2005. The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine* 17, 5–18.



Assarlind, M., Gremyr, I., Bäckman, K., 2012. Multi-faceted views on a Lean Six Sigma application. *International Journal of Quality & Reliability Management* 29, 21–30.

. UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE.

Bamber, C.J., Sharp, J.M., Hides, M.T., 1999. Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: A UK manufacturing case study perspective. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 5, 162–181.

Barney, M., 2002. Macro, Meso, and Micro: Six Sigma. *The Industrial Organizational Psychologist* 19, 104–107.

Bendell, T., 2006. A review and comparison of six sigma and the lean organisations. *The TQM Magazine* 18, 255–262.

Brett, C., Queen, P., 2005. Streamlining Enterprise Management with Lean Six Sigma. *Information Management Journal* 39, 58–62.

Breyfogle, F.W., 2003. *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. John Wiley & Sons.

Burton, T.T., Sams, 2004. Six sigma for small and mid-sized organizations success through scalable deployment.

Carrizo Moreira, A., Campos Silva Pais, G., 2011. Single Minute Exchange of Die: A Case Study Implementation. *Journal of technology management & innovation* 6, 129–146.

Chakravorty, S.S., 2009. Six Sigma programs: An implementation model. *International Journal of Production Economics* 119, 1–16.

Chase, R., Jacobs, F.R., Aquilano, N., 2005. *Operations Management: For Competitive*

Advantage, 11th ed. McGraw-Hill/Irwin.

Conceição, S.V., 2005. Flows materials optimization through cellular manufacturing. *Produção* 15, 235–250.

Dahlgaard, J.J., Dahlgaard-Park, S.M., 2006. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine* 18, 263–281.

Darshak A. Desai, J.A., 2012. An assessment of the critical success factors for Six Sigma implementation in Indian industries. *International Journal of Productivity and Performance Management* 61, 426–444.

Feld, W.M., 2000. *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*, 1st ed. St. Lucie Press.

Fernandes, M.M., Da Silva, M.B., Turrioni, J.B., 2011. MODELO TEÓRICO-CONCEITUAL PARA GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS SEIS SIGMA. *Revista de Gestão e Projetos* 1.

Folaron, J., 2003. The Evolution of Six Sigma. *Six Sigma Forum Magazine* 2.

George, M., 2002. *Lean Six Sigma*: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed, 1st ed. McGraw-Hill.

Gnanaraj, S.M., Devadasan, S.R., Muruges, R., Sreenivasa, C.G., 2012. Sensitisation of SMEs towards the implementation of Lean Six Sigma – an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME. *Production Planning & Control* 23, 599–608.

Godinho Filho, M., Fernandes, F.C.F., 2004. Lean Manufacturing: a literature review which classifies and analyses papers indicating new researchs areas. *Gestão & Produção* 11, 1–19.

Gutiérrez Pulido, H., Vara Salazar, R. de la, 2009. Control estadístico de calidad y seis

sigma. McGraw-Hill, México.

Harry, M.J., Lawson, J.R., 1992. Six sigma producibility analysis and process characterization. Addison-Wesley.

Institute, P.M., 2008. The Standard for Portfolio Management, 2 Original. ed. Project Management Institute.

ISO 13053-1, 2011. Quantitative methods in process improvement -Six Sigma- Part 1: DMAIC methodology.

Jones, D.T., Womack, J.P., 2012. Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Grupo Planeta.

Karthi, S., Devadasan, S.R., Muruges, R., 2011. Integration of Lean Six-Sigma with ISO 9001:2008 standard. International Journal of Lean Six Sigma 2, 309–331.

Kumar, M., Antony, J., Singh, R.K., Tiwari, M.K., Perry, D., 2006. Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. Production Planning & Control 17, 407–423.

Kumar, Maneesh, Antony, Jiju, 2008. Comparing the quality management practices in UK SMEs. Industrial Management & Data Systems 108, 1153–1166.

Kumar, Maneesh, Antony, Jiju, Douglas, A., 2009. Does size matter for Six Sigma implementation?: Findings from the survey in UK SMEs. The TQM Journal 21, 623–635.

Kumar, Maneesh, Antony, Jiju, Tiwari, M.K., 2011. Six Sigma implementation framework for SMEs – a roadmap to manage and sustain the change. International Journal of Production Research 49, 5449–5467.

Laraia, A.C., Moody, P.E., Hall, R.W., 1999. The Kaizen Blitz: Accelerating Breakthroughs in Productivity and Performance. Wiley.

Lawler, E.E., 2000. From the ground up□: six principles for building the new logic corporation. Jossey-Bass Publishers, San Francisco.

Lewis, M.A., 2000. Lean production and sustainable competitive advantage. *International Journal of Operations & Production Management* 20, 959–978.

Linderman, K, 2003. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management* 21, 193–203.

Mann, D.W., 2005. Creating A Lean Culture: Tools To Sustain Lean Conversions. Productivity Press.

Montgomery, D.C., 2009. Introduction to statistical quality control. Wiley, Hoboken, N.J.

Montgomery, D.C., Woodall, W.H., 2008. An Overview of Six Sigma. *International Statistical Review* 76, 329–346.

OCDE, 2012. Perspectivas economicas de América latina 2013: politicas de pymes para el cambio estructural. Ocede, Paris.

Ohno, T., 1988. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, 1St Edition. ed. Productivity Press.

Pande, P.S., Holpp, L., 2002. What Is Six Sigma? McGraw-Hill Professional.

Parry, G.C., Turner, C.E., 2006. Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control* 17, 77–86.

Pojasek, R.B., 2003. Lean, six sigma, and the systems approach: Management initiatives for process improvement. *Environmental Quality Management* 13, 85–92.

Pyzdek, T., Keller, P.A., 2009. The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels. McGraw-Hill Professional.

Reisman, A., Kumar, A., Motwani, J., Cheng, C.H., 1997. Cellular Manufacturing: A Statistical Review of the Literature (1965–1995). *Operations Research* 45, 508–520.

Rod Gapp, R.F., 2008. Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision* 46, 565–579.

Salah, S., Rahim, A., Carretero, J.A., 2010. The integration of Six Sigma and lean management. *International Journal of Lean Six Sigma* 1, 249–274.

Schroeder, R.G., Linderman, Kevin, Liedtke, C., Choo, A.S., 2008. Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management* 26, 536–554.

Shah, R., Ward, P.T., 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management* 21, 129–149.

Shewhart, W.A., 1931. Economic control of quality of manufactured product. D. Van Nostrand Company, Inc., New York.

Shingo, S., 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.

Silva, I.B. da, Miyake, D.I., Batocchio, A., Agostinho, O.L., 2011. Integrating the promotion of Lean Manufacturing and Six Sigma methodologies in search of productivity and quality in an auto parts manufacturer. *Gestão & Produção* 18, 687–704.

Slack, N., Johnston, R., Brandon-Jones, A., 2011. *Essentials of Operations Management*. Pearson Education, Limited.

Snee, Ron D., Hoerl, R.W., 2004. *Six Sigma Beyond the Factory Floor: Deployment Strategies for Financial Services, Health Care, and the Rest of the Real Economy*. FT Press.

Snee, Ronald D., 2010. Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma* 1, 9–29.

Snee, Ronald D., Hoerl, R.W., 2007. Integrating Lean and Six Sigma - a Holistic Approach [WWW Document]. URL <https://secure.asq.org/perl/msg.pl?prvurl=/six-sigma/2007/05/lean/integrating-lean-and-six-sigma-holistic-approach.pdf> (accessed 8.8.12).

Sunil Sharma, A.R.C., 2012. An analysis of critical success factors for Six Sigma implementation. *Asian Journal on Quality* 13, 294–308.

Sunil V. Deshmukh, A.C., 2012. Six Sigma and SMEs: a critical review of literature. *International Journal of Lean Six Sigma* 3, 157–167.

Taj, S., 2008. Lean manufacturing performance in China: assessment of 65 manufacturing plants. *Journal of Manufacturing Technology Management* 19, 217–234.

Thomas, A., Barton, R., Chuke-Okafor, C., 2008a. Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management* 20, 113–129.

Thomas, A., Barton, R., Chuke-Okafor, C., 2008b. Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management* 20, 113–129.

Thomas, D., 2006. What Small Business CEOs Must Know to Start Six Sigma.

Timans, W., Antony, J., Ahaus, K., van Solingen, R., 2011. Implementation of Lean Six Sigma in small- and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands. *Journal of the Operational Research Society* 63, 339–353.

Vázquez, E.J.E., 2005. Seis-Sigma: Metodología y técnicas. Limusa.

Wessel, G., Burcher, P., 2004. Six sigma for small and medium-sized enterprises. *The TQM Magazine* 16, 264–272.

Womack, J.P., Jones, D.T., 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your*

Corporation, Revised and Updated. Simon and Schuster.

Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D., 1990. The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile. Rawson Associates.

# ANEXOS



### Anexo 1. Competencias mínimas requeridas para equipo Lean Seis Sigma

Competencias mínimas requeridas por Rol			
Competencias	Master Black Belt	Black Belt	Green Belt /Yellow Belt
Conocimiento y visión de la Organización	3	2	1
Habilidades en el manejo de paquetes informáticos	3	3	1
Enfoque al cliente	3	3	3
Habilidades en el manejo de relaciones interpersonales	3	3	2
Habilidades para motivar personas	3	3	1
Conocimiento de métodos estadísticos	3	2	1
Habilidades para la solución de problemas	3	2	3
Comunicación oral y escrita	3	3	1
Experiencia en mejora de procesos	3	2	1
Habilidades en gestión de procesos	3	3	2
Habilidades en la gestión de proyectos	3	3	2
Orientación a resultados	3	3	2

0: No la requiere

1: Requiere la competencia en un nivel básico

2: Requiere la competencia en un nivel intermedio

3: Requiere la competencia en un nivel alto

## Anexo 2. Identificación de Focos de Mejora

<b>1. Identificación por Costos</b> <i>Tome información de libros de Contabilidad. Esta sección intenta dar respuesta a los siguientes interrogantes:</i> <i>¿Cuáles son los conceptos que representan los mayores costos en su área de trabajo?</i> <i>¿Cuál es la estructura de costos de los procesos y servicios?</i>	
Concepto*	Valor (Unidades Monetarias) (Anual, Semestral, Trimestral o Mensualmente)
Materia Prima/Insumos	
Mano de Obra	
Espacio	
Equipos	
Herramientas	
Gastos de Transporte	
Costos de venta	
Gastos de administración	
Gastos financieros de operaciones de compra venta	
<b>2. Identificación por Problemas.</b> <i>Para diligenciar esta información utilice registros de reclamos de los clientes, informes de auditorías, registro de novedades entre otros.</i> <i>¿Qué fallas se pueden presentar en la ejecución de dichas actividades?</i> <i>¿Cuáles son los conceptos que representan los mayores problemas?</i>	
Concepto*	Valor/Frecuencia (Anual, Semestral, Trimestral o Mensualmente)
Rechazo de insumos o materiales por defectos	
Demora en la entrega de insumos y materiales	
Quejas y reclamos de los clientes	
Corrección de fallas en la ejecución del proyecto o Servicio	
Retrasos en los tiempos de ejecución del proyecto o Servicio	
Re- inspecciones	
Presión laboral	
Accidentalidad Laboral	
Errores en cotización	
Errores de Facturación	
Disponibilidad de Personal	
<b>3. Identificación por Producto/Servicio</b> <i>Para diligenciar esta detalle los productos, subproductos o servicios ofrece la empresa o área de trabajo. Con esta información intente responder los siguientes interrogantes:</i> <i>¿Cuales son los valores de las ventas en unidades o dinero?</i> <i>¿Cuáles son los registros de quejas o reclamos?</i> <i>¿Cuáles son los costos de mala calidad asociados a los productos, subproductos o servicios?</i>	
Concepto**	Ingresos, Costos de Mala Calidad ó Quejas y Reclamos (Anual, Semestral, Trimestral o Mensualmente)
<i>**Liste los productos o servicios que ofrece la empresa</i>	

<b>4. Identificación por Proceso ó Departamentos/Divisiones/Secciones</b> <i>Para diligenciar este ítem utilice información sobre la estructura de costos de la organización, costos de personal ó registro de problemas presentados. Se busca responder a los interrogantes:  ¿Cuál es el área(s) o proceso(s) que tiene un mayor impacto en la estructura de costos de la organización?  ¿Cuál es el área(s) o proceso(s) donde se presentan la mayor cantidad de inconvenientes?</i>	
Concepto*	Valor/Frecuencia (Anual, Semestral, Trimestral o Mensualmente)
Gestión comercial	
Cotización	
Planificación	
Compras	
Contratación	
Subcontratación	
Producción	
Gestión de la Calidad	
Medición Análisis y Mejora	
<i>* Los conceptos planteados puede ser totalmente modificables, y se pueden agregar la cantidad necesaria de conceptos para realizar un análisis completo y adaptado a la organización</i>	

### Anexo 3. Identificación de Proyectos

Listado de Proyectos				
Nombre del Proyecto <sup>1</sup>	Área-Proceso-Producto <sup>2</sup>	Objetivo <sup>3</sup>	Impacto en la Organización <sup>4</sup>	Impacto en el Cliente <sup>5</sup>

1. Es una descripción directa y simple de lo que se desea conseguir con la ejecución del proyecto, evite utilizar adjetivos calificativos e incluya palabras como: Reducir, Optimizar, Aumentar, etc.  
 2. Detalle el área, proceso o producto sobre el cual tendrá impacto el proyecto  
 3. Defina el estado final deseado para el proyectos, el cual debe estar directamente relacionado un indicador o medida de desempeño del área, proceso, producto o servicio  
 4. Defina el impacto del proyecto en indicadores operacionales y financieros  
 5. Defina como impacta el proyecto en la satisfacción del cliente

#### Anexo 4. Matriz de Evaluación de Proyectos

Criterios de Evaluación							
Ponderación <sup>1</sup>	25%	25%	20%	15%	10%	5%	Calificación Total
Criterios	Costo de Calidad	Impacto en el cliente	Inversión del Proyecto	Tiempo de Ejecución	Sistemas de medición	Causas	
<sup>3</sup> Proyecto 1							
Proyecto 2							
Proyecto 3							
Proyecto 4							
Proyecto 5							
Proyecto 6							
Guía de Calificación <sup>4</sup>							
Calificación <sup>5</sup>	Costo de Mala Calidad Asociado	Impacto en el cliente	Inversión del Proyecto <sup>5</sup>	Tiempo de Ejecución	Sistemas de medición	Causas	
1	Bajo	No genera impacto	Alta	Menos de 2 meses y mas de 9 meses	No existe sistema de medición	Se conocen ampliamente las causas del problema	
5	Medio	Genera Impacto Indirecto	Media	De 2 a 4 meses ó de 7 a 9 meses	Sistemas de medición incipiente, poco confiable y depende del criterio humano	Se conocen algunas causas pero aun no están validadas	
9	Alto	Impacta Directamente	Baja	Entre 4 y 7 meses	Se utilizan instrumentos de medición debidamente calibrados	No se conocen las causas del problemas	
<p>1. La ponderación se debe definir de manera porcentual, y la suma de todas las ponderaciones debe sumar 100%</p> <p>2. La calificación total se obtiene multiplicando cada calificación por su respectiva ponderación y luego se suma cada una los componente por proyecto</p> <p>3. En este campo coloque el nombre del proyecto</p> <p>4. Utilice esta guía para asignar la calificación de los proyectos en cada uno de los criterios</p> <p>5. Se pueden definir intervalos en unidades financieras, para una mayor precisión</p>							

## Anexo 5. Informe Línea Base

Informe Línea Base									
1. Información General									
Responsable									
Fecha de Elaboración									
Área/Proceso/Producto									
2. Métricas Seis Sigma									
DPU		DPO		DPMO/PPM		RTY		Nivel Sigma	
Actual	Objetivo	Actual	Objetivo	Actual	Objetivo	Actual	Objetivo	Actual	Objetivo
3. Métrica Operacional									
Media		Desviación		Varianza					
Actual	Objetivo	Actual	Objetivo	Actual		Objetivo			
Salida Paquete Estadístico									

### Anexo 6. Guía para Evaluar la Repetibilidad y Reproducibilidad

Evaluación del Sistema de Medición*	% de Desviación	% de Variación
Aceptable	Menos de 10%	Menos de 1%
Aceptable dependiendo a su aplicación, costo y otros factores	Entre 10%-30%	Entre 1% - 9%
No es aceptable y debe ser revisado y mejorado	Mas de 30%	Mas de 9%
* Estos criterios son establecidos por el Grupo de Acción de la Industria Automotriz AIAG para evaluar los sistemas de medición		

### Anexo 7. Guía para Evaluar la Sensibilidad

Número de categorías*	Puede proveer
1	Información sobre conformidad versus no conformidad
2-5	Gráficas de control insensibles, estimados gruesos de los parámetros de proceso y los índices de capacidad
5 o más	Gráficas de control, parámetros del proceso e índices de capacidad
* Estos criterios son establecidos por el grupo de la empresa que desarrolla el paquete estadístico Minitab	

## Anexo 8. Informe de Cierre de Proyecto

Informe de Cierre. Disminución de las devoluciones de productos por pegas abiertas				
1. Definición del Problema				
2. Situación Inicial Vs Situación Actual				
<b>Situación Inicial</b> % Devoluciones: PPM: Nivel Sigma: Costo de Mala Calidad: Ahorro Proyectado: Tasa de Error del Sistema de Medición:	<b>Situación Actual</b> % Devoluciones: Cambio Significativo: PPM: Nivel Sigma: Costo de Mala Calidad: \$ Ahorro Proyectado:	<b>Impacto en el Desempeño del Proceso</b> Grafico de tendencia del métrico		
4. Análisis de Causa Raíz				
Causas Potenciales		Causas Principales		
5. Plan de Acción				
Problema/ Causa	Acción de Mejora	Responsable	Recursos/ Herramientas	Seguimiento
6. Acciones Futuras			7. Conclusiones y Reflexiones	



## Anexo 9. Formato Evaluación del Portafolio de Proyectos

1. Evaluación de los Resultados de los Proyectos				
Titulo del Proyecto	Objetivo	Resultado Alcanzado	Grado de Cumplimiento del objetivo	Observaciones/Recomendaciones/Lecciones Aprendidas
2. Impacto financiero del Portafolio de Proyecto				
Titulo del Proyecto	Ahorro del Proyecto Objetivo	Ahorro del Proyecto Actual	Costo de Oportunidad en mejora de la calidad	
Total				
3. Impacto en los Productos o Servicios				
—				
4. Impacto en los Procesos				
—				
5. Impacto en el Cliente				
—				

**Anexo 10. Programa de Formación dentro del Marco del Programa de Eficiencia en PYMES  
para Lean Seis Sigma**

<b>Tipo Formación</b>	<b>Participantes</b>	<b>Duración</b>	<b>Temas</b>
Formación Gerencial	Gerentes de las empresas participantes	8 horas	<p>Lean Seis Sigma como estrategia de negocio  Papel del Champion en la implementación de Lean Seis Sigma  Funciones de los Champions, Black Belt, Green Belt y personal de apoyo  Enfoque al cliente  Identificación de proyectos con alta probabilidad de éxito  Generalidades de la metodología DMAIC  Métricas Lean Seis Sigma  Medición del impacto de los proyectos Lean Seis Sigma en la organización</p>
Black Belt	Funcionarios de las empresas y docentes investigadores de diferentes universidades	160 horas (Divididas en 4 semanas cada una de 40 horas)	<p><b>Semana 1</b>  Introducción a Seis Sigma  Introducción a Lean Manufactory (LM)  Enfoque al cliente  Definición de Proyectos  Métricos  Mapa de Proceso  Value Stream Mapping (LM)  Matriz Causa y Efecto  Toma de Datos  Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF)  Consiguiendo el Compromiso del Equipo  Reuniones Efectivas  Estrategias de Negociación  QCPC –Gráficos de Control de la Calidad de los Procesos- (LM)  Introducción a Minitab  Estadística Descriptiva  Distribuciones de Probabilidad  Identificación Distribuciones de Probabilidad  Análisis del Sistema de Medición (Estudios r&amp;R)  Capacidad del Proceso - Introducción</p> <p><b>Semana 2</b>  Teorema de Límite Central  Intervalos de Confianza  Prueba de Hipótesis para Variables (1 o 2 muestras)  Prueba de Hipótesis para Datos Atributo (1 o 2 muestras)  Prueba de Hipótesis para Datos Atributo (&gt; 2 muestras)  Prueba de Hipótesis para Datos Variables (&gt; 2 muestras)  ANOVA  Estimación del Tamaño de la Muestra  Planeación de Pruebas de Hipótesis  Correlación y Regresión Lineal  Análisis Discriminante</p> <p><b>Semana 3</b>  Introducción al Diseño de Experimentos  Diseño Factorial General Completo  Diseño Factorial 2k  Diseño factorial 2k con puntos centrales  Diseño factorial 2k fraccionado  Diseño factorial con bloques</p>

Tipo Formación	Participantes	Duración	Temas
			Diseño robusto Método de Superficie de Respuesta  <b>Semana 4</b> Introducción al Control 5S Gráficos de Control – Variables Gráficos de Control – Atributos Poka Yoke SMED Muestreo Estadístico Reportes A3 Cierre de Proyectos Desarrollo de Seis Sigma Motivación de Equipos
Green Belt	Funcionarios de las empresas y auxiliares de investigación de diferentes universidades	80 horas (Divididas en 2 semanas cada una de 40 horas)	<b>Semana 1</b> Introducción a Seis Sigma Introducción a Lean Manufactory (LM) Enfoque al cliente Definición de Proyectos Métricos Mapa de Proceso Value Stream Mapping (LM) Matriz Causa y Efecto Toma de Datos Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF) Introducción a Minitab Estadística Descriptiva Distribuciones de Probabilidad Identificación Distribuciones de Probabilidad Análisis del Sistema de Medición (Estudios r&R) Capacidad del Proceso Teorema de Límite Central Intervalos de Confianza Pruebas de Hipótesis Análisis de Gráficos de datos ANOVA Correlación y Regresión Lineal  <b>Semana 2</b> Introducción al Diseño de Experimentos Diseño Factorial General Completo Diseño Factorial 2k Diseño factorial 2k con puntos centrales Método de Superficie de Respuesta Introducción al Control 5S Gráficos de Control – Variables Gráficos de Control – Atributos Poka Yoke Reportes A3 Cierre de Proyectos Desarrollo de Seis Sigma

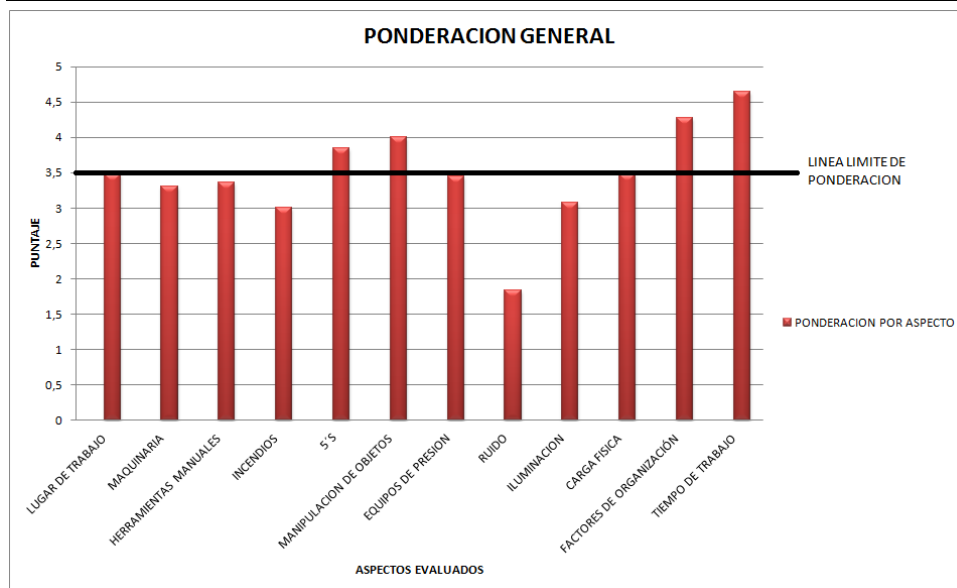
## Anexo 11. Diagnostico para la Estandarización de los Proceso y las Condiciones Laborales en la Empresa.

Basándose en los resultados obtenidos en la


, la

ponderación obtenida se muestra continuación:

	CORTE	DESPACHO	ARMADO	PINTURA	PREPARACION	PONDERACION GENERAL
TIEMPO DE TRABAJO	4,8	5	4	5	4,4	4,64
FACTORES DE ORGANIZACIÓN	5	3,8	4	4	4,6	4,28
MANIPULACION DE OBJETOS	5	3,6	3,2	3,8	4,4	4
5'S	3,8	3,6	3,8	3,8	4,2	3,84
CARGA FISICA	3,4	3	3,6	3,2	4,2	3,48
LUGAR DE TRABAJO	3,8	3,75	3	2,8	4	3,47
EQUIPOS DE PRESION	3,6	N.A	3	3,8	3,4	3,45
HERRAMIENTAS MANUALES	4	4	3,4	3	2,4	3,36
MAQUINARIA	2,6	N.A	3,6	3,6	3,4	3,3
ILUMINACION	3,2	1	3,8	3,6	3,8	3,08
INCENDIOS	3,4	3,2	2,8	2,6	3	3
RUIDO	1	1,4	1,8	2,2	2,8	1,84



## Anexo 12. Formato de Devoluciones Internas Empresa.

FORMATO DE DEVOLUCIONES INTERNAS																					
SECCION : Armado		Produccion N°																			
NO	FABRICA DE MUEBLES 	CANTIDAD INSPECCIONADA	CANTIDAD RECHAZADA TOTAL	PEGAS ABERTAS	DESNIVELADO	MADERA RAJADA	MADERA TORCIDA	DILATADO	MAL RUTEADO	TRIPLEX CON DEFECTO DI	HUELLA DE MAQUINA	DESPRENDIMIENTO DE T	GABETAS O PUERTAS DE	CLAVOS VISIBLES	MAL ENSAMBLE	DESPRENDIMIENTO DE P	DESAJUSTADO	INIERTO VISIBLE	CHAPILLA	PROBLEMAS DE MDF	OTROS
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					

FABRICA DE MUEBLES



### FORMATO DE DEVOLUCION DE MERCANCIA

Nº	Otros Motivo

Nº	Personal Implicado	Nº	Personal Implicado

Observaciones:

---



---



---



---



---



---

Revision Realizada:

Responsable De Area:

Revision H&M

### Anexo 13. Numero de Devoluciones por Tipo de Defecto

1. Identificación por Problemas.		
Tipos de Defectos	Código	Devoluciones
Problemas en el Armado	Armado	149
Defectos en Pintura	Pintura	144
Problemas de Secado de la Madera	Secado	115
Problemas en el Embalaje del Producto	Embalaje	104
Presencia de Plagas	Plagas	15
Defecto en vidrio	Vidrio	9
Defectos en el Tendido	Tendido	3
Mala reparada en taller	Reparada	2
Presencia de Oxido	Oxido	1
Faltante de pieza en multimueble	Pieza Multi	1
<b>Total</b>		<b>543</b>

## Anexo 14. Numero de Devoluciones por Producto

2. Identificación por Producto/Servicio		
Productos	Código	Devoluciones
Alcoba 1:40 biella contemporaneo tintilla caramelo mate	001	46
Alcoba 1:40 estrasburgo evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	002	39
Cama doble 1:40 bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	003	39
Tocador bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	004	32
Alcoba 1:40 liverpool contemporaneo tintilla caramelo mate	005	31
Tocador biella contemporaneo tintilla caramelo mate	006	29
Alcoba 1:40 obsesion contemporaneo tintilla caramelo mate	007	28
Alcoba juvenil piacenza 1:00 contemporaneo tintilla caramelo mate	008	26
Alcoba 1:60 estrasburgo evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	009	24
Alcoba 1:40 roset contemporaneo tintilla caramelo mate	010	23
Alcoba 2:00 x 2:00 roset contemporaneo tintilla caramelo mate	011	21
Alcoba 1:40 bellini contemporaneo tintilla caramelo mate	012	17
Alcoba 2:00 x 2:00 estranburgo contemporaneo tintilla caramelo mate	013	17
Cama doble 1:60 bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	014	16
Alcoba 2:00 x 2:00 bellini contemporaneo tintilla caramelo mate	015	14
Alcoba juvenil optimiss 1:00 contemporaneo tintilla caramelo mate	016	12
Cama doble 1:60 bellini contemporaneo tintilla caramelo mate	017	12
Cama doble 1:60 biella contemporaneo tintilla caramelo mate	018	12
Alcoba 1:40 alexa contemporaneo tintilla caramelo mate	019	11
Alcoba 1:60 biella contemporaneo tintilla caramelo mate	020	11
Alcoba 1:40 volvo contemporaneo tintilla caramelo mate	021	8
Alcoba 1:60 roset contemporaneo tintilla caramelo mate	022	8
Cama doble 1:60 roset contemporaneo tintilla caramelo mate	023	7
Cama doble 2:00 x 2:00 bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	024	6
Alcoba 1:40 roset evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	025	4
Alcoba 1:40 zagrey tintilla contenporaneo caramelo mate	026	4
Alcoba 1:60 bellini contemporaneo tintilla caramelo mate	027	4
Cama doble 1:60 liverpool contemporaneo tintilla caramelo mate	028	4
Cama sencilla piacenza 1:00 contemporaneo tintilla caramelo mate	029	4
Tocador bellini contemporaneo tintilla caramelo mate	030	4
Alcoba 1:40 biella evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	031	3
Cama doble 2:00 x 2:00 biella contemporaneo tintilla caramelo mate	032	3
Alcoba 1:40 obsesion evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	033	2
Alcoba 1:40 roset evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	034	2
Alcoba 1:40 stefany contemporaneo tintilla caramelo mate	035	2
Alcoba 2:00 x 2:00 beilla contemporaneo tintilla caramelo mate	036	2
Alcoba 2:00 x 2:00 zagrey contemporaneo tintilla caramelo mate	037	2
Alcobas 1:40 tijuana clasico tintilla caramelo mate	038	2
Cama doble 1:60 obsesion contemporaneo tintilla caramelo mate	039	2
Alcoba 1:40 laurence contemporaneo tintilla wengue	040	1
Alcoba 1:40 piacenza contemporaneo tintilla caramelo mate	041	1
Alcoba 1:60 bellini evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	042	1
Cama doble 1:40 biella evolution (2 gavetas) contemporaneo tintilla caramelo mate	043	1
Cama doble 1:40 liverpool contemporaneo tintilla caramelo mate	044	1
Cama doble 1:40 roset evolution contemporaneo tintilla caramelo mate	045	1
Cama sencilla biella basic 1:00contemporaneo tintilla caramelo mate	046	1
Cama sencilla biella contemporaneo tintilla caramelo mate	047	1
Cama sencilla potimiss 1:00contemporaneo tintilla caramelo mate	048	1
Tocador roset evolution contemporaneo tintilla wengue	049	1

## Anexo 15. Estudio de Concordancia de Atributos para Inspección de Pegas Abiertas.

Estudio de Concordancia de Atributos																												
1. Información del Sistema de Medición																												
Área/ Proceso/Producto	Proceso de Armado	Característica Medida			Pegas Abiertas																							
Criterios de Evaluación de Calidad	No: No existe presencia de pegas abiertas Si: Si existe presencia de pegas abiertas	Instrumentos de Apoyo/Método de Inspección		Inspección Visual																								
Inspectores		Fecha de Estudio		10-05-2012																								
2. Recolección de Datos																												
Parte	Estandar	Inspector 1			Inspector 2			Inspector 3																				
		Eval1	Eval2	Eval3	Eval1	Eval2	Eval3	Eval1	Eval2	Eval3																		
1	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
2	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
3	Malo	Malo	Malo		Bueno	Malo																						
4	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
5	Bueno	Bueno	Malo		Bueno	Bueno																						
6	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
7	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
8	Malo	Bueno	Malo		Bueno	Bueno																						
9	Malo	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
10	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
11	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
12	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
13	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
14	Malo	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
15	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo																						
16	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
17	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
18	Malo	Bueno	Malo		Malo	Malo																						
19	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo																						
20	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno																						
3. Resultados <sup>4</sup>																												
<p>Los datos se analizaron en el paquete estadístico Minitab 16 a continuación se presentan los resultados</p> <p><b>Análisis de concordancia de atributos para Resultado</b></p> <p><b>Individual por evaluador</b></p> <p>Acuerdo de evaluación</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Evaluador</td> <td style="width: 20%;">No. de inspeccionados</td> <td style="width: 20%;">No. de coincidencias</td> <td style="width: 40%;">Porcentaje</td> </tr> <tr> <td>Inspector 1</td> <td>20</td> <td>17</td> <td>85,00</td> </tr> <tr> <td>Inspector 2</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>95,00</td> </tr> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Evaluador</td> <td style="width: 80%;">IC de 95%</td> </tr> <tr> <td>Inspector 1</td> <td>(62,11. 96,79)</td> </tr> <tr> <td>Inspector 2</td> <td>(75,13. 99,87)</td> </tr> </table> <p>No. de coincidencias: El evaluador coincide consigo a través de las pruebas.</p>											Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	Inspector 1	20	17	85,00	Inspector 2	20	19	95,00	Evaluador	IC de 95%	Inspector 1	(62,11. 96,79)	Inspector 2	(75,13. 99,87)
Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje																									
Inspector 1	20	17	85,00																									
Inspector 2	20	19	95,00																									
Evaluador	IC de 95%																											
Inspector 1	(62,11. 96,79)																											
Inspector 2	(75,13. 99,87)																											



#### Estadísticas Kappa de Fleiss

Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
Inspector 1	Bueno	0,569892	0,223607	2,54864	0,0054
	Malo	0,569892	0,223607	2,54864	0,0054
Inspector 2	Bueno	0,826840	0,223607	3,69774	0,0001
	Malo	0,826840	0,223607	3,69774	0,0001

#### Cada evaluador vs. el estándar

##### Acuerdo de evaluación

Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje
Inspector 1	20	15	75,00
Inspector 2	20	16	80,00

Evaluador	IC de 95%
Inspector 1	(50,90. 91,34)
Inspector 2	(56,34. 94,27)

No. de coincidencias: La estimación del evaluador a través las pruebas coincide con el estándar conocido.

##### Discrepancia en la evaluación

Evaluador	# Malo / Bueno	Porcentaje	# Bueno / Malo	Porcentaje	No. de combinados
Inspector 1	0	0,00	2	28,57	3
Inspector 2	0	0,00	3	42,86	1

Evaluador	Porcentaje
Inspector 1	15,00
Inspector 2	5,00

# Malo / Bueno: Evaluaciones a través de ensayos = Malo / estándar = Bueno.

# Bueno / Malo: Evaluaciones a través de ensayos = Bueno / estándar = Malo.

No. de combinados: Las evaluaciones de los ensayos no son idénticas.

#### Estadísticas Kappa de Fleiss

Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
Inspector 1	Bueno	0,562393	0,158114	3,55689	0,0002
	Malo	0,562393	0,158114	3,55689	0,0002
Inspector 2	Bueno	0,545246	0,158114	3,44844	0,0003
	Malo	0,545246	0,158114	3,44844	0,0003

#### Entre evaluadores

##### Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
20	16	80,00	(56,34. 94,27)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden entre sí.

#### Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
-----------	-------	-------------------------	---	-----------

Bueno	0,6875	0,0912871	7,53119	0,0000
Malo	0,6875	0,0912871	7,53119	0,0000

### Todos los evaluadores vs. el estándar

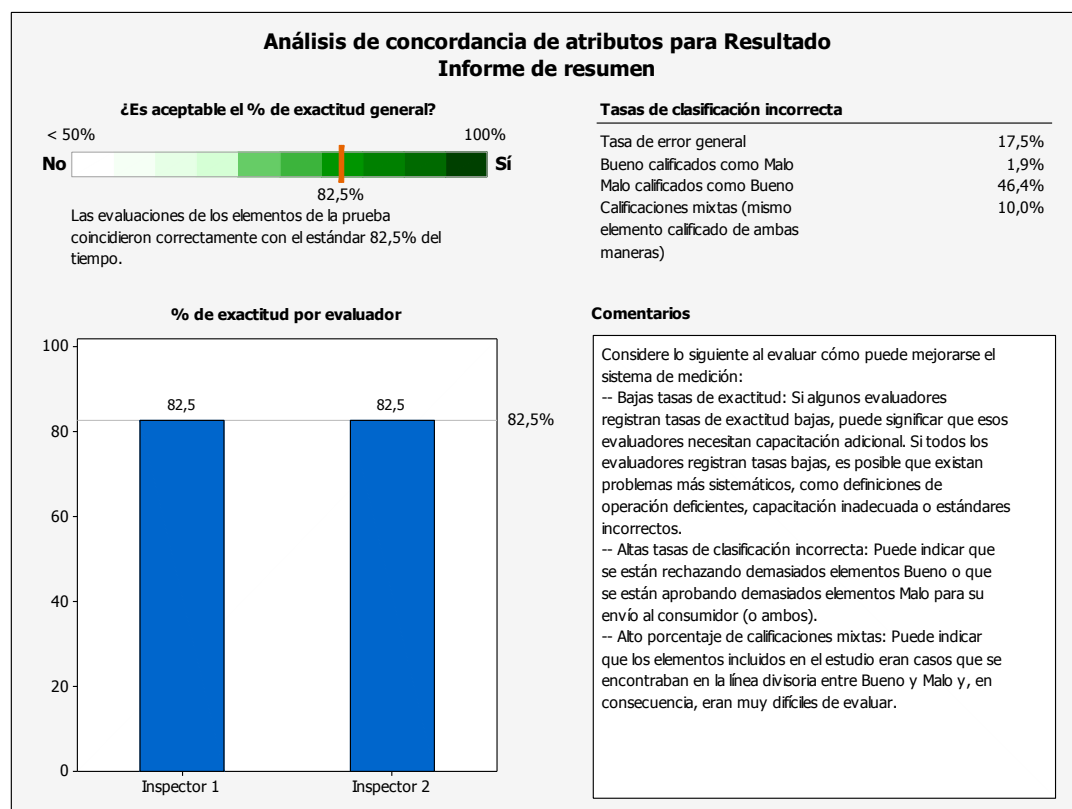
Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
20	14	70,00	(45,72. 88,11)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden con el estándar conocido.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
Bueno	0,553819	0,111803	4,95351	0,0000
Malo	0,553819	0,111803	4,95351	0,0000



1. Piezas o unidades que serán utilizadas en el estudio, agregue filas para considerar mas piezas o unidades
2. El estándar es una evaluación previamente conocida, que puede ser dada por un experto o una entidad certificadora de la unidad o pieza.
3. Son inspectores o evaluadores, los cuales entregan un concepto de la unidad o pieza que puede ser: Pasa/No Pasa, Defectuosos/No Defectuoso ó una calificación en una escala ordinal.
4. Puede utilizar paquetes estadísticos como Minitab, Statgraphics, JPM, Matlab, R statics, entre otros.
5. Para interpretar el estadístico de Kappa se utiliza la tabla propuesta por J. Richard Landis and Gary G. Koch (1977) en su artículo

*The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data*

<b>Kappa</b>	<b>Interpretación</b>
<0	Mala concordancia
0,01 a 0,20	Acuerdo Leve
0,21 a 0,40	Acuerdo justo
0,41 a 0,60	Acuerdo moderado
0,61 a 0,80	Acuerdo sustancial
0,81 a 1,00	Casi perfecto acuerdo

## Anexo 16. Análisis Estadístico para las Causas de Pegas Abiertas.

<b>Causa:</b> Operario			
<b>Tipo de Análisis:</b> Tabla de Contingencia – Prueba Chi-cuadrado			
<b>Objetivo:</b> evaluar si existe asociación entre el tipo de operario y la existencia de pegas abiertas			
<b>Conclusión:</b> No existe asociación			
<b>Resultados</b>			
<b>Estadísticas tabuladas: Operario. Pegas Abiertas</b>			
Filas: Operario      Columnas: Pegas Abiertas			
	No	Si	Todo
Operario 1	28	11	39
	71,79	28,21	100,00
	23,33	9,17	32,50
Operario 2	23	10	33
	69,70	30,30	100,00
	19,17	8,33	27,50
Operario 3	31	17	48
	64,58	35,42	100,00
	25,83	14,17	40,00
Todo	82	38	120
	68,33	31,67	100,00
	68,33	31,67	100,00
Contenido de la celda:	Conteo		
	% de la fila		
	% del total		
Chi-cuadrada de Pearson = 0,556. GL = 2. Valor P = 0,757			
Chi-cuadrada de la tasa de verosimilitud = 0,555. GL = 2. Valor P = 0,758			

<b>Causa:</b> Unión			
<b>Tipo de Análisis:</b> Tabla de Contingencia – Prueba Chi-cuadrado			
<b>Objetivo:</b> evaluar si existe asociación entre el tipo unión utilizada y la existencia de pegas abiertas			
<b>Conclusión:</b> Si existe asociación			
<b>Resultados</b>			
<b>Estadísticas tabuladas: Tipo de Unión. Pegas Abiertas</b>			
Filas: Tipo de Unión      Columnas: Pegas Abiertas			
	No	Si	Todo
Clavos-Pegante	37	28	65
	56,92	43,08	100,00
	30,83	23,33	54,17
Prensado	45	10	55
	81,82	18,18	100,00
	37,50	8,33	45,83
Todo	82	38	120
	68,33	31,67	100,00
	68,33	31,67	100,00
Contenido de la celda:	Conteo		
	% de la fila		
	% del total		

Chi-cuadrada de Pearson = 8,533. GL = 1. Valor P = 0,003  
 Chi-cuadrada de la tasa de verosimilitud = 8,825. GL = 1. Valor P = 0,003

**Causa:** Humedad de la Madera

**Tipo de Análisis:** Prueba t para dos muestras

**Objetivo:** evaluar si la humedad promedio de la madera es diferente entre las partes que presentan pegas abiertas y las que no presentan

**Conclusión:** La humedad promedio si es diferente, por tanto se infiere la humedad influye en la presencia de pegas abiertas

#### Resultados

##### Prueba e IC para dos varianzas: Humedad de la Madera vs Pegas Abiertas

###### Método

Hipótesis nula                      Sigma(No) / Sigma(Si) = 1  
 Hipótesis alterna                  Sigma(No) / Sigma(Si) not = 1  
 Nivel de significancia      Alfa = 0,05

###### Estadísticas

###### Pegas

Abiertas	N	Desv.Est.	Varianza
No	82	0,010	0,000
Si	38	0,012	0,000

Relación de desviaciones estándar = 0,771

Relación de varianzas = 0,594

###### Intervalos de confianza de 95%

Distribución de los datos	IC para relación de Desv.Est.	IC para relación de varianza
Normal	(0,575. 1,003)	(0,331. 1,007)
Continuo	(0,541. 1,041)	(0,292. 1,083)

###### Pruebas

Método	GL1	GL2	Estadística de prueba	Valor P
Prueba F (normal)	81	37	0,59	0,053
Prueba de Levene (cualquiera continua)	1	118	2,96	0,088

##### Prueba T e IC de dos muestras: Humedad de la Madera. Pegas Abiertas

###### T de dos muestras para Humedad de la Madera

Pegas	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Abiertas				
No	82	0,11866	0,00953	0,0011
Si	38	0,1366	0,0124	0,0020

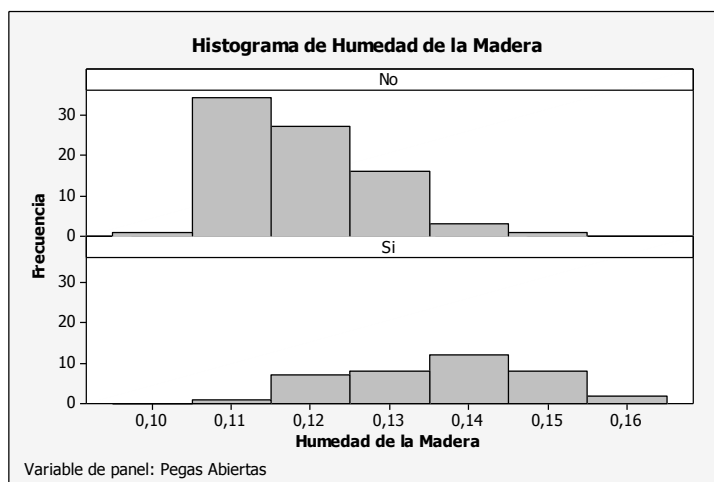
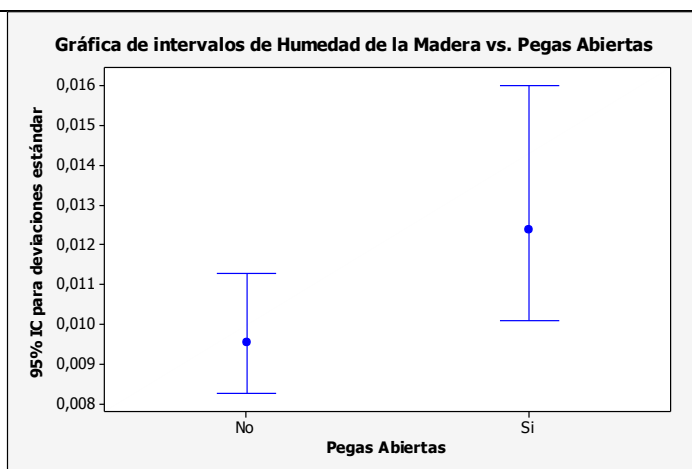
Diferencia = mu (No) - mu (Si)

Estimado de la diferencia: -0,01792

IC de 95% para la diferencia: (-0,02200. -0,01384)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -8,70    Valor P = 0,000    GL = 118

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 0,0105



**Causa:** Tiempo de Prensado

**Tipo de Análisis:** Prueba t para dos muestras

**Objetivo:** evaluar si el tiempo promedio de prensado es diferente entre las partes que presentan pegas abiertas y las que no presentan

**Conclusión:** El tiempo promedio si es diferente, por lo tanto se infiere que el tiempo de prensado si influye en la presencia de pegas abiertas.

### Resultados

**Prueba e IC para dos varianzas: Tiempo de Prensado\_1 vs Pegas Abiertas\_1**

#### Método

Hipótesis nula  $\sigma(\text{No}) / \sigma(\text{Si}) = 1$   
 Hipótesis alterna  $\sigma(\text{No}) / \sigma(\text{Si}) \text{ not } = 1$   
 Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

#### Estadísticas

##### Pegas

Abiertas_1	N	Desv.Est.	Varianza
No	22	1,107	1,225
Si	5	0,497	0,247

Relación de desviaciones estándar = 2,227

Relación de varianzas = 4,958

Intervalos de confianza de 95%

Distribución de los datos	IC para relación de Desv.Est.	IC para relación de varianza
Normal	(0,762. 4,151)	(0,580. 17,232)
Continuo	(0,508. 5,925)	(0,258. 35,106)

Pruebas

Método	GL1	GL2	Estadística de prueba	Valor P
Prueba F (normal)	21	4	4,96	0,131
Prueba de Levene (cualquiera continua)	1	25	2,14	0,156

### Prueba T e IC de dos muestras: Tiempo de Prensado\_1. Pegas Abiertas\_1

T de dos muestras para Tiempo de Prensado\_1

Pegas Abiertas_1	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
No	22	6,48	1,11	0,24
Si	5	4,180	0,497	0,22

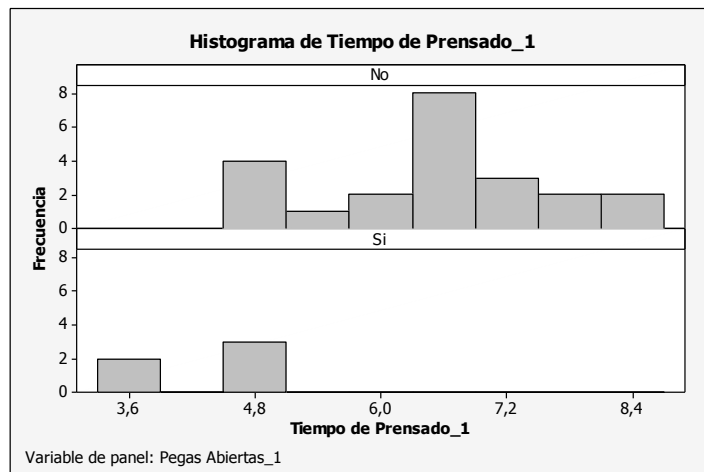
Diferencia =  $\mu$  (No) -  $\mu$  (Si)

Estimado de la diferencia: 2,297

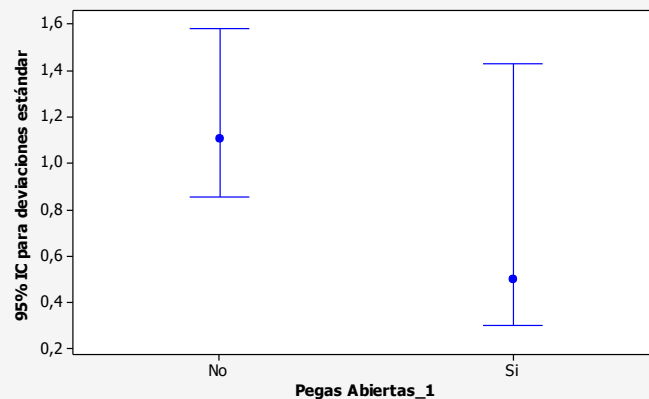
IC de 95% para la diferencia: (1,243. 3,352)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 4,49 Valor P = 0,000 GL = 25

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 1,0336



Gráfica de intervalos de Tiempo de Prensado\_1 vs. Pegas Abiertas\_1





## Anexo 17. Estudio de Concordancia de Atributos para Inspección de Gavetas Defectuosas.

Estudio de Concordancia de Atributos										
1. Información del Sistema de Medición										
Área/ Proceso/Producto	Proceso de Armado			Característica Medida			Gavetas defectuosas			
Criterios de Evaluación de Calidad	Bueno: Gaveta no defectuosa Malo: Gaveta defectuosa			Instrumentos de Apoyo/Método de Inspección			Inspección Visual			
Inspectores				Fecha de Estudio			10-06-2012			
2. Recolección de Datos										
Pieza/ Unidad <sup>1</sup>	Estandar <sup>2</sup>	Inspector 1 <sup>3</sup>			Inspector 2			Inspector 3		
		Eval1	Eval2	Eval3	Eval1	Eval2	Eval3	Eval1	Eval2	Eval3
1	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo		Malo	Malo	
2	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo		Malo	Malo	
3	Malo	Malo	Malo		Bueno	Malo		Malo	Malo	
4	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
5	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
6	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
7	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Malo	Malo	
8	Bueno	Bueno	Bueno		Malo	Bueno		Bueno	Bueno	
9	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Malo	Malo	
10	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
11	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
12	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
13	Malo	Malo	Bueno		Malo	Malo		Malo	Malo	
14	Bueno	Bueno	Bueno		Malo	Bueno		Bueno	Malo	
15	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Malo	
16	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
17	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Malo	Malo	
18	Malo	Bueno	Bueno		Malo	Malo		Malo	Malo	
19	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Malo	
20	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Malo		Malo	Bueno	
21	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo		Malo	Malo	
22	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo		Malo	Malo	
23	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Malo	Malo	
24	Malo	Bueno	Bueno		Malo	Malo		Malo	Malo	
25	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Malo		Bueno	Bueno	
26	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo		Malo	Malo	
27	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo		Malo	Malo	
28	Bueno	Bueno	Bueno		Bueno	Bueno		Bueno	Bueno	
29	Malo	Malo	Malo		Bueno	Malo		Bueno	Malo	
30	Malo	Malo	Malo		Malo	Malo		Malo	Malo	

### 3. Resultados<sup>4</sup>

Los datos se procesaron en el paquete estadístico Minitab V16

#### Análisis de concordancia de atributos para Resultado

##### Individual por evaluador

Acuerdo de evaluación

Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje
Inspector 1	30	29	96,67
Inspector 2	30	24	80,00
Inspector 3	30	25	83,33

Evaluador	IC de 95%
Inspector 1	(82,78. 99,92)
Inspector 2	(61,43. 92,29)
Inspector 3	(65,28. 94,36)

No. de coincidencias: El evaluador coincide consigo a través de las pruebas.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
Inspector 1	Bueno	0,922978	0,182574	5,05536	0,0000
	Malo	0,922978	0,182574	5,05536	0,0000
Inspector 2	Bueno	0,592760	0,182574	3,24668	0,0006
	Malo	0,592760	0,182574	3,24668	0,0006
Inspector 3	Bueno	0,657143	0,182574	3,59932	0,0002
	Malo	0,657143	0,182574	3,59932	0,0002

##### Cada evaluador vs. el estándar

Acuerdo de evaluación

Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje
Inspector 1	30	27	90,00
Inspector 2	30	24	80,00
Inspector 3	30	21	70,00

Evaluador	IC de 95%
Inspector 1	(73,47. 97,89)
Inspector 2	(61,43. 92,29)
Inspector 3	(50,60. 85,27)

No. de coincidencias: La estimación del evaluador a través las pruebas coincide con el estándar conocido.

Discrepancia en la evaluación

Evaluador	# Malo /		# Bueno /		No. de combinados
	Bueno	Porcentaje	Malo	Porcentaje	
Inspector 1	0	0,00	2	16,67	1
Inspector 2	0	0,00	0	0,00	6
Inspector 3	4	22,22	0	0,00	5

Evaluador	Porcentaje
Inspector 1	3,33
Inspector 2	20,00
Inspector 3	16,67

# Malo / Bueno: Evaluaciones a través de ensayos = Malo / estándar = Bueno.  
 # Bueno / Malo: Evaluaciones a través de ensayos = Bueno / estándar = Malo.  
 No. de combinados: Las evaluaciones de los ensayos no son idénticas.

#### Estadísticas Kappa de Fleiss

Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
Inspector 1	Bueno	0,818340	0,129099	6,33883	0,0000
	Malo	0,818340	0,129099	6,33883	0,0000
Inspector 2	Bueno	0,793238	0,129099	6,14439	0,0000
	Malo	0,793238	0,129099	6,14439	0,0000
Inspector 3	Bueno	0,565514	0,129099	4,38045	0,0000
	Malo	0,565514	0,129099	4,38045	0,0000

#### Entre evaluadores

##### Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
30	15	50,00	(31,30. 68,70)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden entre sí.

#### Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
Bueno	0,541	0,0471405	11,4763	0,0000
Malo	0,541	0,0471405	11,4763	0,0000

#### Todos los evaluadores vs. el estándar

##### Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
30	15	50,00	(31,30. 68,70)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden con el estándar conocido.

#### Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
Bueno	0,725697	0,0745356	9,73625	0,0000
Malo	0,725697	0,0745356	9,73625	0,0000

